



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO REGIONAL
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

FLORA ALMEIDA MACÊDO

**ESTUDO DO EFEITO DA FORMULAÇÃO E DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO
DE *SORBET* DE AÇAÍ SOBRE A QUALIDADE DO PRODUTO**

JOÃO PESSOA

2018

FLORA ALMEIDA MACÊDO

**ESTUDO DO EFEITO DA FORMULAÇÃO E DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO
DE *SORBET* DE AÇAÍ SOBRE A QUALIDADE DO PRODUTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional
da Universidade Federal da Paraíba para obtenção
do título de Tecnólogo de Alimentos

Orientador (a): Carolina Lima Cavalcanti de Albuquerque

Coorientador (a): Ana Luiza Mattos Braga

JOÃO PESSOA

2018

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

M141e Macedo, Flora Almeida.

ESTUDO DO EFEITO DA FORMULAÇÃO E DO PROCESSO DE
FABRICAÇÃO DE SORBET DE AÇAÍ SOBRE A QUALIDADE DO
PRODUTO / Flora Almeida Macedo. - João Pessoa, 2018.
87 f.

Orientação: Carolina Lima Cavalcanti de Albuquerque
Albuquerque.

Monografia (Graduação) - UFPB/CTDR.

1. Cadeia do frio. Gelados comestíveis. Textura. I.
Albuquerque, Carolina Lima Cavalcanti de Albuquerque.
II. Título.

UFPB/BC

FLORA ALMEIDA MACÊDO

**ESTUDO DO EFEITO DA FORMULAÇÃO E DO PROCESSO DE
FABRICAÇÃO DE SORBET DE AÇAÍ SOBRE A QUALIDADE DO
PRODUTO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a
Universidade Federal da Paraíba, como parte
das exigências para a obtenção do título de
Tecnólogo de Alimentos.

João Pessoa, 05 de Novembro de 2018.

BANCA EXAMINADORA


Dr^a Carolina Lima Cavalcanti de Albuquerque - Orientadora
Professora DTA/CTDR/UFPB


Dr^a Ana Luiza Mattos Braga - Membro
Professora DTA/CTDR/UFPB


Dr^o Silvio José Rossi - Membro
Professor aposentado/Universidade Federal da Paraíba

A minha família, pelo apoio de hoje e sempre.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao longo desta minha caminhada muitos foram os obstáculos enfrentados, e agradeço a todos que, direta ou indiretamente, me acompanharam e ajudaram a traçar este caminho.

Meus sinceros agradecimentos a todo corpo docente do CTDR, em especial à professora Marta Maria, primeira a abrir as portas da academia para mim, quando me aceitou em seu projeto de pesquisa; professora Vanessa, meu norte ao longo de meus estágios supervisionados; professor João Paulo, pelo viés analítico que despertou em mim; professora Carol, que me aceitou de prontidão como orientanda no meu trabalho de conclusão de curso; e um agradecimento mais que especial a minha tutora, professora, amiga, “mãe acadêmica” Ana Luiza Mattos Braga, com a qual trabalhei ao longo desses anos de graduação, e à qual serei grata por toda a minha vida.

Aos meus colegas de turma, Jayme, Georges, Nal e Luiz. Meninos, obrigada por tornar o caminho mais leve, mais divertido e me ensinarem a grande importância do ditado “a união faz a força”! Jamais esquecerei os fins de semana e feriados aos quais nos dedicamos à nossa graduação com firmeza, garra e dedicação. E as cervejas ao final de cada período também foram gratificantes.

Agradeço também à indústria parceira do meu estudo, a Industria de Polpa de Frutas Ideal LTDA, responsável também por minha oportunidade de estágio e que teve grande contribuição na minha formação a partir dos dois anos de estágio supervisionado. Obrigada Jander, Anderson, Jonas e todos que me auxiliaram no dia a dia do chão de fábrica e na construção do meu trabalho de conclusão de curso. Minhas colegas de trabalho Roberta, Nayra, Gabi, Isis, e nossa gerente do Controle de Qualidade da Polpa Ideal, Ana Patrícia, uma verdadeira líder de equipe!

Por fim, agradeço à minha família pelo suporte de hoje e sempre. Pai, você é e sempre será meu herói. Mãe, a senhora é a melhor pessoa do mundo, sou louca por você. Peter, o céu é o limite, sou sua fã. Lalábada, te amo caçula, ainda bem que tenho você por perto. Anderson Oliveira, meu marido, obrigada por ser quem você é, e por ter me escolhido pelo que sou, isso já vale o mundo.

RESUMO

O açaí (*Euterpe oleracea*), fruta típica do norte do Brasil, ganhou a preferência do consumidor brasileiro devido seu sabor exótico e características nutricionais. Por conseguinte, produtos que utilizam a fruta como matéria-prima acompanham este aumento de demanda, como é o caso dos *sorbets* de açaí. Uma indústria situada no distrito industrial de João Pessoa aumentou em 60% o número de vendas, entre janeiro e julho do presente ano, de seu *sorbet* de açaí. Este produto é, todavia, responsável por 30% das reclamações dos consumidores da marca. As reclamações advindas do *sorbet* de açaí estavam sempre relacionadas à sua estrutura firme e os grandes cristais de gelo presentes em sua superfície. O objetivo deste trabalho foi estudar a influência da formulação e dos parâmetros de processo na textura do *sorbet* de açaí. Para isso, foi feita uma pesquisa de produtos similares comercializados na grande João Pessoa, a fim de comparar se os aditivos alimentares utilizados pela indústria parceira estavam compatíveis com as tecnologias utilizadas no mercado. A partir desta pesquisa, foram preparadas amostras contendo polpa de açaí e os ingredientes mais utilizados, em proporções baseadas na legislação ou na literatura. Foram feitas cinéticas de congelamento e descongelamento, cálculo da fração mássica de gelo e velocidade de congelamento e descongelamento destas amostras. Também foi realizado um estudo do processamento do *sorbet* de açaí, onde todo o processo de fabricação, aplicação do lacre de segurança, *head space* da embalagem, trocador de calor e as respectivas temperaturas do produto foram estudados, com o objetivo de identificar a influência dos mesmos na textura do *sorbet* e diagnosticar possíveis pontos de melhoria. Conclui-se que, em relação a formulação, os aditivos alimentares utilizados pela indústria parceira foram compatíveis com os produtos similares comercializados na grande João Pessoa. A cinética de congelamento e descongelamento e a fração mássica de gelo das amostras apresentaram comportamentos similares. A goma xantana apresentou melhor desenvoltura com relação a velocidade da frente de congelamento e descongelamento, auxiliando a primeira e retardando a segunda, justificando seu largo uso em *sorbets*. A temperatura inicial de congelamento foi igual para todas as formulações testadas. Não houve influência do *head space* nem do lacre de segurança no *sorbet*. A implantação de uma rotina de manutenção preventiva do trocador de calor foi diagnosticada como ponto de melhoria. A ruptura da cadeia do frio durante o processo de fabricação, descoberta através do mapeamento das temperaturas em diversas etapas do processamento, foi diagnosticada como maior influente na formação da estrutura firme e aspecto “cristalizado” ao qual os consumidores se referiam em suas reclamações. A validação desta ruptura como principal causa dos defeitos estruturais foi constatada através de testes instrumentais de textura, onde pôde ser verificado que a firmeza foi significativamente mais alta em amostras que passaram pela ruptura da cadeia do frio, e que, independente desta ruptura, após 15 minutos fora do congelador, o produto alcança uma textura mais tenra, e consequentemente, mais aconselhável para consumo.

Palavras chaves: Cadeia do frio. Gelados comestíveis. Textura.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. OBJETIVOS	8
2.1. OBJETIVO GERAL	8
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
3. REFERENCIAL TEÓRICO	9
3.1. O AÇAÍ	9
3.2. GELADOS COMESTÍVEIS	11
3.2.1. Ingredientes de <i>sorbets</i>	12
3.3. OPERAÇÃO UNITÁRIA DE CONGELAMENTO	18
3.3.1. Trocadores de calor	20
3.4. PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE <i>SORBETS</i>	21
3.5. TEXTURA	22
4. MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1 PESQUISA DE INGREDIENTES DE <i>SORBETS</i>	25
4.1. CINÉTICA DE CONGELAMENTO E DESCONGELAMENTO	25
4.1.1. Fração mássica de gelo	28
4.1.2. Atividade de água	30
4.1.3. Umidade	30
4.1.4. Densidade	30
4.1.5. Sólidos solúveis	31
4.1.6. Velocidade de congelamento	31
4.2. AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO <i>SORBET</i> DE AÇAÍ	32
4.2.1. Mapeamento do perfil de temperatura no processamento do <i>sorbet</i>	32
4.2.2. Efeito do equipamento	32
4.2.3. Efeito do <i>headspace</i>	33
4.2.4. Efeito do selo	33
4.3. TEXTURA	33
4.3.1. <i>Yield point</i>	34
4.3.2. <i>Young's modulus</i>	34
4.4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	35
5. RESULTADO E DISCUSSÃO	37
5.1. PESQUISA DE PRODUTOS SIMILARES	37
5.1.1. Preço	37

5.2.	PROPRIEDADES FÍSICAS DE POLPA DE AÇAÍ ADITIVADA	39
5.3.	CINÉTICA DE CONGELAMENTO E DESCONGELAMENTO	41
5.3.1.	Velocidade de congelamento e descongelamento	41
5.3.2.	Período de congelamento e descongelamento	43
5.3.3.	Fração mássica de gelo	44
5.4.	MAPEMANETO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO <i>SORBET</i> DE AÇAÍ	46
5.4.1.	Acompanhamento do processo em dias de produção	48
5.4.2.	Trocador de calor de superfície raspada	51
5.4.3.	Ruptura do frio no <i>sorbet</i> de açaí	52
5.4.4.	<i>Headspace</i> e lacre de segurança da embalagem	54
5.5.	TEXTURA	55
5.5.1.	<i>Yield point</i>	57
5.5.2.	<i>Young's modulus</i>	58
6.	CONCLUSÃO	61

1. INTRODUÇÃO

Uma indústria do ramo alimentício situada em João Pessoa possui uma variedade de produtos que utilizam como matéria-prima polpa de frutas, entre eles um *sorbet* de açaí.

O *sorbet* é um gelado comestível que não possui leite em sua formulação, sendo a função tecnológica exercida pelo leite substituída por aditivos alimentares. Este gelado apresenta-se como uma alternativa de consumo para intolerantes a lactose e veganos e tem ganhado o apreço do público em geral (ALMEIDA et al, 2016). A fruta açaí ganhou a preferência de diversos consumidores devido seu sabor exótico e características nutricionais (TORRES, FARAH, 2017) e, com isso, despertado o interesse da indústria para o desenvolvimento de novos produtos (SACRAMENTO et al, 2015).

O *sorbet* de açaí alcança um público alvo de diferentes camadas da sociedade, fator que se deve, além da qualidade e renome agregados ao produto e à marca, ao preço acessível praticado, e vem ganhando espaço nas prateleiras dos supermercados. A venda dos primeiros meses do ano de 2018 teve um aumento de mais de 60% na venda desta categoria de produtos, que engloba embalagens de 180g, 290g, 2kg e 5kg, sendo o produto de 290g o mais procurado (POLPA IDEAL, 2018).

Mesmo com o aumento da demanda, cerca de 30% das reclamações de clientes recebidas atualmente pela empresa estão relacionadas à dureza do *sorbet* de açaí e à grande quantidade de cristais de gelo encontrada em sua superfície. Apesar de ter um processo automatizado e procedimentos padronizados para a fabricação de 64 diferentes sabores e embalagens de polpa de frutas, a empresa em questão ainda tem pontos de melhoria a serem trabalhados no processamento do *sorbet* de açaí, necessitando de análise no fluxo do processo, automação do maquinário e formação de equipe treinada para a fabricação deste produto.

A formulação do produto também exige um estudo mais aprofundado, com o principal intuito de entender a interação entre os ingredientes em busca do melhoramento de seus aspectos sensoriais e propriedades físicas.

Diante deste cenário, a avaliação do processo de fabricação do *sorbet* de açaí se faz necessária, a fim de se encontrar as causas da sua dureza e da formação de cristais de gelo em sua superfície. E, com isso, sugerir mudanças no processo para a melhoria da qualidade do produto e, conseqüentemente, aumentar a aceitação do *sorbet* de açaí por parte do consumidor final.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito da formulação e do processo de fabricação na textura e na formação de cristais de gelo na superfície do *sorbet* de açaí.

2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar pesquisa de ingredientes na composição dos *sorbets* de açaí concorrentes, comercializados na grande João Pessoa;
- Avaliar o efeito de cada ingrediente na cinética de congelamento-descongelamento durante o processo de fabricação do *sorbet* de açaí;
- Mapear os parâmetros de processo do *sorbet* de açaí;
- Avaliar a influência da formação dos cristais de gelo na textura do *sorbet* de açaí.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. O AÇAÍ

O açaí é um fruto classificado como drupa, de formato arredondado, de cor roxa escura a preto, que tem ganhado apreço pelo consumidor nos últimos anos. Este apreço está relacionado às características funcionais descobertas do fruto, bem como a seu sabor exótico (TORRES, FARAH, 2017).

Torres e Farah (2017) afirmam a alta capacidade antioxidante da fruta, elencando a mesma como um dos quatro produtos mais ricos nesta função, consumidos por brasileiros. O açaí é um alimento funcional por possuir vários nutrientes que colaboram na prevenção de doenças crônicas degenerativas (LOBO e VELASQUE 2016). Em sua revisão literária, Oliveira, Costa e Rocha (2015), afirmaram que o alto índice de ácidos graxos insaturados e antocianinas no açaí são combatentes dos radicais livres do nosso organismo, tornando-o um potente alimento contra doenças que acometem o sistema circulatório.

O cultivo de açaí é associado a uma prática arriscada e que exige força. A produção do açaí depende da realização da árdua e arriscada tarefa de escalar os açaizeiros para a coleta dos cachos de frutos (MARTINOT, PEREIRA e PEDROZA, 2017). Até os dias de hoje, a coleta é feita de forma arcaica, onde os coletores sobem em árvores de mais de dez metros de altura. Segundo Tavares e Homma (2015), o aumento da produtividade da mão-de-obra voltada sobretudo para a coleta de fruto exige o concurso de inventores e a fabricação de equipamentos mais sofisticados. Há, também, a questão sanitária, que constitui um risco para o crescimento do mercado e para a saúde pública, se não for devidamente fiscalizada e controlada.

Santos e colaboradores (2018) afirmam maior incidência entre os meses de agosto e dezembro da doença de Chagas, causada pelo hospedeiro *Trypanosoma cruzi*, caracterizando um padrão sazonal de infecção aguda, coincidindo com a maior produção de açaí, provavelmente envolvido na transmissão oral da doença. Ferreira, Branquinho e leite (2014) explanam sobre as necessidades estratégicas para garantir a inocuidade do açaí, mantendo suas propriedades sensoriais e nutricionais. Assim, as Boas Práticas de Higiene, Boas Práticas de Manufatura, Boas Práticas Agrícolas e a aproximação entre instituições de ciência e a produção de açaí são essenciais para contribuir na solução de problemas sanitários.

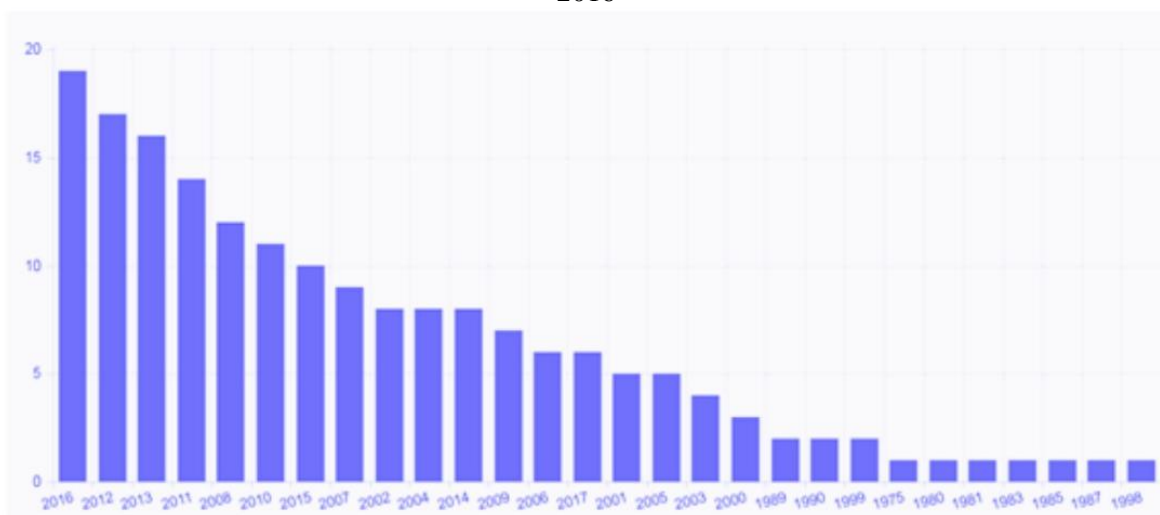
Segundo a Instrução Normativa 01 (IN 01) de 07 de janeiro de 2000, a polpa de açaí e o açaí propriamente dito são produtos extraídos da parte comestível do açaizeiro, classificado nesta mesma legislação como *Euterpe arecaceae* e *Euterpe martius* (BRASIL, 2000). A

legislação brasileira para polpa de frutas define este produto como “produto não fermentando, não concentrado, **não diluído**, obtido de frutos polposos, por meio de processo tecnológico adequado, com um teor mínimo de sólidos totais, proveniente da parte comestível do fruto” (BRASIL, 2000, grifo nosso). O que, na prática, não se aplica para o açaí, uma vez que a obtenção da polpa da mesma é realizada a partir da cocção do fruto, e nesta cocção, a água utilizada é também repassada em seu despulpamento e subsequente refinamento, obtendo-se, desta forma, o açaí grosso ou especial (FILHO, 2010). O que está previsto na legislação é a diluição posterior deste primeiro aparado, o açaí especial, em 20% de água (açaí médio) ou 40% de água (açaí fino).

Sacramento e colaboradores (2015) destacam a escassez de estudos que têm como matéria-prima de produtos industrializados, o açaí, e chama atenção para a lacuna nesta demanda. Há, também, um apelo para a maior exploração do assunto abordado por Guimarães et al (2017), em uma reflexão sobre a valorização da biodiversidade brasileira e a apropriação por parte de entidades estrangeiras destas matérias-primas, entre elas, o açaí.

Em contrapartida a Sacramento e colaboradores (2015), Maciel e colaboradores (2018) afirmam que, a crescente demanda de consumidores aumenta e fomenta paralelamente o interesse da indústria alimentícia por novas tecnologias que agreguem ao produto final, o consumo de açaí. Este aumento crescente pode ser claramente verificado no gráfico da Figura 3.1.

Figura 3.1. Quantidade de artigos sobre o açaí publicados na base de dados da SciELO, de 1998 a 2016



3.2. GELADOS COMESTÍVEIS

O mercado de gelados comestíveis no Brasil está em expansão, com grande potencial de crescimento, porém ainda demanda de muitos investimentos em diversas áreas (RENHE, WEISBERG e PEREIRA, 2015).

A resolução brasileira RDC n° 267, de 25 de setembro de 2003, define gelados comestíveis:

“São produtos alimentícios obtidos a partir de uma emulsão de gorduras e proteínas, com ou sem a adição de outros ingredientes e substâncias, ou de uma mistura de água, açúcares e outros ingredientes e substâncias que tenham sido submetidas ao congelamento, em condições que garantam a conservação do produto no estado congelado ou parcialmente congelado, durante o armazenamento, o transporte, a comercialização e a entrega ao consumo.”

Renhe, Weisberg e Pereira (2015) afirmam que se faz necessário, também, a elaboração de produtos mais saudáveis e que atendam a grupos e dietas específicas ou restritivas. Em seu estudo, Eiki e colaboradores (2015), levantam a situação de que, cada vez mais, aumenta o número de indivíduos com intolerância à lactose ou alergia à proteína do leite, e aliado a estes índices, aumenta também a procura de consumidores por produtos que favoreçam seu estado de saúde.

Segundo Almeida et al (2016), há uma demanda paralela por produtos que atendam as preferências e/ou necessidades do consumidor, como produtos sem lactose e sem ingredientes de origem animal, no caso de veganos. O *sorbet* é uma alternativa para estes consumidores, pois é um gelado comestível que não possui leite em sua formulação, sendo a função tecnológica exercida pelo leite, substituída por coadjuvantes tecnológicos.

O sorvete, por exemplo, é um produto que agrada diversos consumidores de diferentes faixas etárias (KASSADA et al, 2015). A grande maioria dos sorvetes possuem leite em sua formulação, porém a denominação *sorvete* cabe ao processo produtivo (BRASIL, 2005), e não à presença de leite nestes produtos (MARQUES, ANTUNES e GAMA, 2017).

O leite, muitas vezes utilizado como o ingrediente, agrega valor ao produto, atribui características sensoriais de alta aceitação e contribui positivamente para sua textura final. Este último fator está atrelado à ação da proteína do leite, a caseína. Na mistura líquida de sorvete, parte da proteína estabiliza as gotículas de gordura e outra parte está presente na solução aquosa (CHENG et al, 2015).

Balthazar e colaboradores (2017) afirmam a semelhança reológica entre sorvetes formulados com leite e os que possuem, como coadjuvantes tecnológicos, carboidratos, para

alcançar similaridade dos parâmetros reológicos dos mesmos, a fim de que o consumidor aceite este segundo, tanto quanto o primeiro.

O sorvete é considerado um alimento extremamente complexo. As indústrias já conquistaram, ao longo dos anos, a possibilidade da elaboração de produtos de altíssima qualidade, mas a busca contínua por melhoria e a alta competitividade do mercado exige maiores estudos voltados para a fabricação de sorvetes de melhor textura, sem sinais de cristalização e recristalização (COOK, 2010).

Uma das grandes dificuldades da indústria alimentícia na obtenção de um produto de qualidade está na cristalização e recristalização de produtos congelados. Temperaturas conflitantes geram defeitos de qualidade atrelados a divisão de fases e cristalização indevida de gelados comestíveis em geral, entre eles, os *sorbets* (SOUZA, 2016).

3.2.1. Ingredientes de *sorbets*

Segundo legislação brasileira, “ingrediente é qualquer substância, incluídos os aditivos alimentares, empregada na fabricação ou preparação de um alimento e que permanece no produto, ainda que de forma modificada” (BRASIL, 1997). A mesma Portaria nº 540, define aditivo alimentar como qualquer ingrediente adicionado intencionalmente com o objetivo de modificar características do produto final ao longo de seu processamento e/ou armazenamento, sem o propósito de nutrir.

Diante de pesquisa realizada em diversas marcas de *sorbets* de açaí, ingredientes em comum foram estudados mais profundamente para o melhor entendimento de suas funções.

3.2.1.1. Glicose ou açúcar invertido

O termo xarope de açúcar invertido descreve uma mistura de açúcares em solução, principalmente glicose, frutose e sacarose, obtidos através da reação de hidrólise da sacarose, também denominada inversão (RODRIGUES, 2000).

O açúcar invertido é um fluido de comportamento newtoniano e um de seus principais benefícios é a capacidade de redução da atividade da água, característica determinante no prazo de validade de alimentos (GRATÃO, 2004). Além disso, estas soluções adoçantes são também utilizadas como agente espessante e apresentam alta afinidade com a água, auxiliando na diminuição do ponto de congelamento (HANSON, 2004), fator extremamente importante em gelados comestíveis.

Apresenta-se na forma líquida em uma solução límpida e ligeiramente amarelada, com odor e sabor característicos e com alto poder adoçante. Em geral, possui concentração de 76 a 78 °Brix (MACHADO, 2012). Este ingrediente confere, também, brilho ao produto (DEMIATE, OLIVEIRA, 2002, 2015), atribui alto grau de resistência à contaminação microbiológica, possui poder umectante e anticristalizante, ou seja, aumenta a solubilidade de outras substâncias, como a sacarose (MACHADO, 2012).

O xarope de glicose é definido pela legislação brasileira como uma fonte de açúcares que tem sido utilizado para conferir sabor doce aos alimentos industrializados pelas facilidades de aplicação e armazenamento, que variam quanto ao teor e tipos de açúcares presentes (ANVISA, 2018).

3.2.1.2. Emulsificantes

Diversos hidrocolóides, ou seja, materiais de propriedades hidrofílicas, são utilizados no ramo alimentício por suas características funcionais que fornecem estabilidade para emulsões, espumas e suspensões e propriedades de espessamento, podem ser de origem natural ou quimicamente modificados. As propriedades gerais de hidrocolóides incluem solubilidade significativa, capacidade de aumentar viscosidade e até de formar géis (FENNEMA, GOMES, 2010, 2017).

A legislação brasileira define emulsificantes ou emulsionantes como “substância que torna possível a formação ou manutenção de uma mistura uniforme de duas ou mais fases imiscíveis no alimento” (BRASIL, 1997), definição esta semelhante a que a mesma legislação utiliza para os estabilizantes, adicionando apenas o termo “manutenção” para ressaltar a estabilidade da mistura promovida. Os emulsificantes de uso em alimentos têm diversas funções, melhoramento de textura, estabilidade, volume, maciez, aeração, homogeneidade dos produtos. Esses coadjuvantes tecnológicos agem reduzindo o tempo de nucleação, aumentando a taxa de crescimento dos cristais de gelo e impedindo a formação de cristais de gelo de dimensões maiores (SANTOS, 2014).

A combinação de ingredientes hidrofílicos, como emulsificantes, espessantes, estabilizantes e gomas de diversas naturezas, contribuem para a textura de produtos industrializados, desde que corretamente empregados (SILVA et al, 2015).

Quando avaliada a textura dos sorvetes, observou-se que a redução de emulsificantes e estabilizantes resultou em uma textura grosseira ao produto, enquanto que se adicionada

gordura a base de leite, por exemplo creme de leite, a textura tornou-se mais uniforme e macia (FRIGHETTO et al, 2017).

3.2.1.3. Estabilizante

Estabilizantes são substâncias que tornam possíveis a manutenção de uma dispersão uniforme de duas ou mais substâncias imiscíveis em um alimento (BRASIL, 1997).

Em emulsões alimentícias é frequente a utilização de diversos polissacarídeos, como celulosas modificadas, gomas guar e xantana, atuando como espessantes e estabilizantes (SOARES, 2015). Esta função dupla é bastante utilizada na literatura, presumidamente devido a semelhança na definição destes aditivos alimentares.

3.2.1.4. Corante artificial

O açaí é um fruto de coloração roxo escura a preto (TORRES, FARAH, 2017). O corante utilizado na formulação deste gelado comestível tem como função atribuir características sensoriais relacionadas à aparência do produto, definindo a afinidade do cliente com o mesmo em seu primeiro contato.

Definido pela legislação brasileira como substância que confere, intensifica ou restaura a cor de um alimento (BRASIL, 1997), corantes diferem da IDA (Ingestão Diária Aceitável). O corante utilizado na fabricação de *sorbets* de açaí é o corante artificial roxo, formulado com amaranto e azul brilhante, sendo a IDA de 0,5 e 12,5 mg/kg, respectivamente (MARTINS, 2018).

Em gelados comestíveis, a quantidade máxima permitida destes corantes é de 0,01 g/100g para o amaranto, e 0,03g/100g para o azul brilhante (BRASIL, 1999).

3.2.1.5. Gomas

Espessantes são definidos, pela legislação brasileira, como substâncias que aumentam a viscosidade de um alimento (BRASIL, 1997). As gomas e polissacarídeos, de uma forma geral, são relacionados como espessantes na Resolução CNS/MS nº 04, de 24 de novembro de 1988, que apesar de ter sido revogada por inúmeras outras legislações, não teve sua classificação modificada ao longo dos anos. Esta classe de aditivos alimentar é responsável pela formação de géis irreversíveis de aplicação em alimentos (MANGOLIM et al, 2015) e melhora na manutenção das características sensoriais (SILVA et al, 2018).

Dos anos 80 até os dias atuais, os aditivos alimentares relacionados nesta resolução tiveram suas aplicações estendidas para outras classes de produtos e adquiriram outras funções, como de estabilizante e gelificante, no caso da goma gelana e a carboximetilcelulose sódica, pelas portarias n.º 503, de 22 de junho de 1998 e portaria n.º 375, de 26 de abril de 1999, respectivamente.

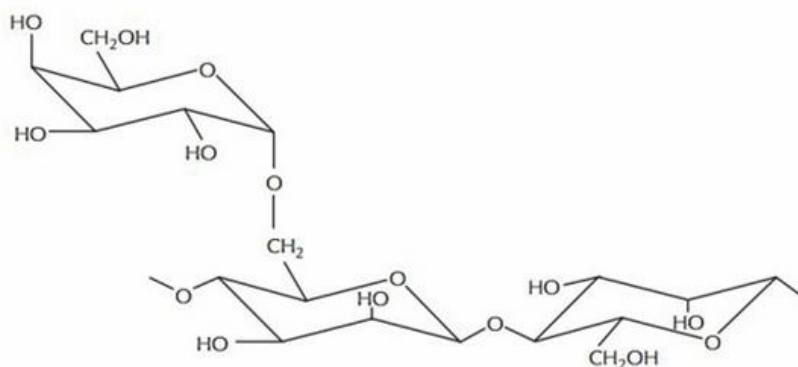
Os espessantes são largamente utilizados em gelados comestíveis e estão diretamente relacionados à textura atribuída aos mesmos (PASSOS et al, 2016).

Em sua formulação, todos os *sorbets* de açaí apresentam gomas. Verifica-se, atualmente, a presença comum de três delas: goma guar, tara e xantana, em diversas concentrações.

Vários estabilizadores, geralmente uma combinação de dois ou mais, são usados para controlar o tamanho dos cristais de gelo. Estes estabilizantes funcionam de duas maneiras: (1) absorvendo água e, assim, diminuindo a quantidade de água disponível durante o armazenamento; e (2) aumentando a viscosidade da fase sérica que envolve os cristais de gelo e, assim, diminuindo as taxas de difusão (ADAPA, 2007).

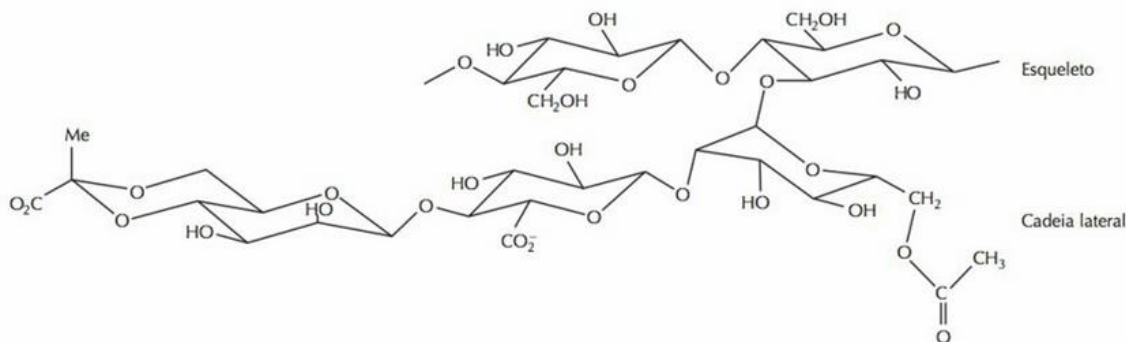
A goma guar é classificada como uma galactomanana e tem importante propriedade espessante de mais alta viscosidade. As galactomananas consistem de uma cadeia principal de unidades de β -D-manopiranosil unidas por ligações (1 \rightarrow 4) e ramificações de uma unidade de α -D-galactopiranosil (Figura 3.2), e tem como polissacarídeo principal a guarana, na qual cerca de metades das unidades D-manopiranosil da cadeia principal contém uma unidade α -D-galactopiranosil (FENNEMA ET AL, 2010).

A goma guar é bastante utilizada com outras gomas alimentícias em *sorbets*. Sua combinação é usualmente feita com carragemas e carboximetilcelulose sódica (CMC) (FENNEMA ET AL, 2010). Estas combinações entre gomas, bastante estudadas e utilizadas na indústria de alimentos, proporcionam um efeito de maior sinergia entre estes coadjuvantes tecnológicos, melhorando as características de textura dos mesmos.

Figura 3.2. Molécula de galactomanana

Fonte: Fennema et al, Química de Alimentos, 4ª Edição, 2010.

Já a goma xantana, proveniente da fermentação da bactéria *Xanthomonas campestris* possui uma cadeia principal idêntica à da celulose, onde cada duas unidades de β -D-glicopiranosil da cadeia principal de celulose possuem uma unidade trissacarídea ligada, a β -manopiranosil-(1 \rightarrow 4)- β -glicopiranosil-(1 \rightarrow 2)-6-O-acetil- β -D-manopiranosil. As cadeias de trissacarídeos laterais interagem com a cadeia principal, tornando a molécula bastante rígida (FENNEMA ET AL, 2010).

Figura 3.3. Estrutura da unidade repetida no pentassacarídeo da xantana.

Fonte: Fennema et al, Química de Alimentos, 4ª Edição, 2010.

A xantana é solúvel tanto em água fria como quente, interage de forma sinérgica com a goma guar, aumentando a viscosidade da solução, e confere estabilidade das soluções a produtos submetidos a congelamento e descongelamento (FENNEMA ET AL, 2010)

A goma tara, também uma galactomanana, é largamente utilizada no preparo de gelados comestíveis por apresentar inúmeras vantagens. Este polissacarídeo apresenta propriedades viscosas, mesmo em baixas concentrações e em uma ampla faixa de pH (WU, 2015). É forte aliado no espessamento de soluções aquosas, estabilizando e controlando a separação de fases e ligando os ingredientes, a fim de melhorar a capacidade de

processamento e controlar as propriedades sensoriais do produto final (KONTOGIORGOS, 2017).

O polissacarídeo carboximetilcelulose sódica, popularmente conhecido por CMC, também é largamente usado como espessante em alimentos, as cargas negativas presentes nesta molécula permitem a formação de soluções estáveis e de ampla faixa de viscosidade (FENNEMA ET AL, 2010). Essas funções vêm sendo amplamente exploradas e aplicadas na formulação e processamento de produtos alimentícios (SILVA ET AL, 2014).

A proporção de gomas utilizadas é um fator que também está diretamente ligado a estabilidade da mistura, uma vez que, quanto maior essa concentração mais fácil são as chances de polissacarídeos colidirem entre si, e se entrelaçarem (WU, 2017).

3.2.1.6. Banana

O apelo para o uso da banana em sua formulação, no caso do *sorbet* de açaí, está relacionado às características de textura atribuídas ao uso deste ingrediente como emulsificante natural. Em alguns estudos, o uso da fruta não influencia significativamente na presença de fibras do produto, não atribuindo características funcionais ao mesmo (RODRIGUES, 2017).

Rodrigues e colaboradores (2017) encontraram características favoráveis de congelamento no produto elaborado (um gelado comestível) com adição de banana, que ao mesmo tempo, auxiliou no retardo deste descongelamento. Este auxílio é atribuído pelo autor à presença de grande quantidade de amido.

3.2.1.7. Ácido cítrico

A função acidulante, ou ainda, de regulador de acidez, é definida pela legislação brasileira como “substância que aumenta a acidez ou confere um sabor ácido aos alimentos” (BRASIL, 1997).

A utilização de ácido cítrico é de grande importância para a produção de alimentos industrializados, por ter a função de conservar os alimentos, intensificar o sabor ácido e controlar seu pH, evitando o crescimento de microrganismos (RANGEL et al, 2016).

Em alguns estudos, evidenciou-se que o uso controlado deste aditivo alimentar não altera características físico-químicas e influência no aumento de sua vida de prateleira (GOMES, 2014).

A fruta açaí possui pH alto, comparada a outras frutas, o que vulnerabiliza o produto ao ataque e proliferação de microrganismos. O regulador de acidez pode influenciar positivamente reduzindo este pH a níveis que dificultam essa susceptibilidade a microrganismos.

3.2.1.8.Calda

A mistura de todos os ingredientes que compõem o *sorbet*, edulcorantes, emulsificantes, estabilizantes e aromatizantes, é chamada de calda (BARBOSA, 2009). O uso da calda na formulação de *sorbets* está relacionado a obtenção de características sensoriais bem quistas pelo consumidor. Estes ingredientes normalmente possuem alta quantidade calórica e baixo valor nutricional (AZEREDO, 2011).

A calda preparada, por meio de etapas de pressão, incorporação de ar (*overrun*) e resfriamento, é transformada em *sorbet*. A correta homogeneização deste ingrediente reflete ganho de escala de produção e padronização do produto (JÚNIOR, 2016). No caso do *sorbet* fabricado pela indústria parceira, esta calda alcança 21,8% do produto, justificando a afirmação do autor.

A homogeneização da mistura tem por objetivo reduzir o tamanho dos glóbulos de gordura da emulsão em aproximadamente 10 vezes, aumentando a superfície total em até 100 vezes, favorecendo a formação de um produto mais homogêneo e cremoso, e facilitando a ação dos coadjuvantes tecnológicos, como espessantes e emulsificantes, sobre a superfície das partículas. Desta forma, contribuindo para a formação da estrutura do gelado e capacidade na retenção de água (PORTO, SOUZA, 1998, 2010).

3.3. OPERAÇÃO UNITÁRIA DE CONGELAMENTO

O congelamento é uma operação unitária na qual a temperatura de um alimento é reduzida abaixo de ponto de congelamento e uma proporção de água sofre mudança em seu estado físico formando cristais de gelo (FELLOWS, 2006).

Cristalização é a organização de moléculas em uma fase sólida dentro de um fluido. Isso pode ocorrer de várias maneiras diferentes (COOK, 2010). O tipo de congelamento tem forte influência na textura dos alimentos. Um congelamento rápido dá origem a pequenos cristais de gelo, os quais danificam menos a estrutura do alimento que passa por este processo, ao contrário do congelamento lento, que tem por consequência a formação de grandes cristais de gelo.

Na recristalização migratória, mais comum na maioria dos alimentos, devido à quebra da cadeia do frio, há a diminuição dos pequenos cristais de gelo e a formação de grandes cristais. Este fenômeno ocorre porque a superfície do alimento que sofre influência da fonte de calor, se desidrata, e liquefaz os cristais de gelo e aumentam a pressão de vapor de água, fazendo com que a umidade se mova para regiões de menor pressão de vapor. Ao retornar a temperatura anterior a intervenção da fonte de calor, não são formados novos pequenos cristais de gelo, ao invés disso, o vapor de água funde-se aos cristais de gelo já existentes, aumentando o tamanho dos mesmos (FELLOWS, 2006).

Portanto, cristais de gelo formados durante o congelamento inicial podem crescer em tamanho durante o armazenamento. O tamanho destes cristais está diretamente ligado à qualidade do produto (ADAPA, 2007). Estes cristais aumentam em quantidade e tamanho em se tratando de uma cadeia de frio ineficiente, onde o produto passará por oscilações de temperatura e terá sua estrutura comprometida (FENNEMA et al, 2010). Isto é um fator agravante para indústrias de gelados, pois a distribuição de produtos congelados tem um preço relativamente alto devido à necessidade de manter uma temperatura baixa constante (FELLOWS, SPAGNOL, 2006, 2018). Estas baixas temperaturas de armazenamento, **sem flutuações**, minimizam as taxas de recristalização em alimentos congelados (ADAPA, 2007, grifo nosso) e mantêm a integridade física e microbiológica dos mesmos (PASSOS, SPAGNOL, 2016, 2018)

Em um estudo realizado por Hipólito et al (2016), o mesmo afirma que não há diferença significativa nos atributos sensoriais relacionados à textura em relação ao tipo de fruta usada para fabricação de *sorbet* entre as frutas estudadas, porém não foi mencionado nenhuma que tenha um processo semelhante ao que acontece com a adição de água na polpa de açaí médio e fino.

A quantidade de água adicionada ao açaí médio, mais utilizado na formulação de *sorbets* de açaí comercializados na cidade de João Pessoa, proporciona um aumento de água livre, o que está diretamente ligado à quantidade e proporção de cristais de gelo, que seria menor em produtos oriundos de polpa de frutas que não apresentassem essa diluição no processo de despulpamento e padronização.

3.3.1. Trocadores de calor

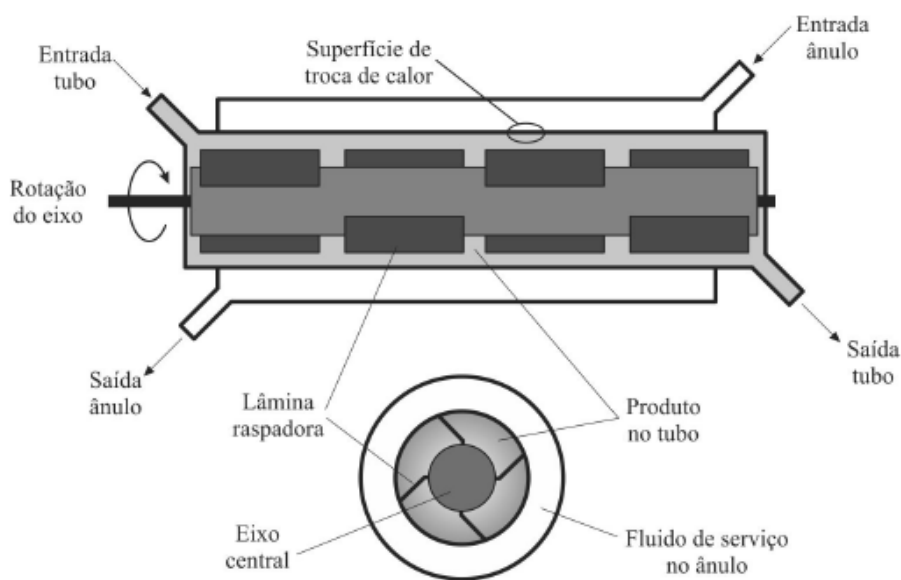
Um trocador de calor é um equipamento utilizado para efetuar troca térmica entre duas ou mais correntes, onde um fluido de temperatura maior cede temperatura para outro de temperatura menor sem que haja mistura. A escolha de uso de um trocador de calor vai depender de inúmeros fatores: custo global, características do processo, tipo de fluidos usados, desempenho, perda de carga, facilidade de limpeza e manutenção, espaço ocupado, entre outros (TADINI et al, 2016).

Os trocadores de calor de superfície raspada são utilizados para alimentos líquidos e semissólidos, a exemplo dos *sorbtes* (FELLOWS, NDOYDE, 2006, 2017). Estes equipamentos possuem lâminas raspadoras que promovem a mistura do fluido no tubo. O produto alimentício escoar pelo tubo interno e o fluido refrigerante de serviço escoar na camisa anular externa. Podem ser montados na horizontal ou vertical (TADINI et al, 2016).

As lâminas raspam continuamente a película do produto aderida à superfície do tubo, removendo o produto que “já trocou calor” e liberando a superfície para a troca subsequente (FELLOWS, TADINI et al, 2006, 2010). Essa troca de calor é influenciada diretamente pela configuração geométrica e forma do raspador (BLASIAK, PIETROWICZ, 2016). Esta influência ocorre apenas quando o raspador se move em direção co-corrente, sendo o contrário influenciado apenas pela pseudoplasticidade do fluido (CRESPÍ-LLORENS, VICENTE E VIEDMA, 2016). Um aspecto não desejável é a retromistura axial que ocorre quando a porção de líquido que já trocou calor é misturada no sentido contrário ao do escoamento, reduzindo o potencial térmico e, portanto, prejudicando o transporte de calor. Esse problema é mais intenso em trocadores de tamanhos reduzidos. Por causa da ação contínua de raspagem, o produto fica aderido à parede por pouco tempo, reduzindo efeitos indesejáveis da temperatura que possam degradá-lo em um processo de aquecimento (TADINI et al, 2016). Porém, no caso de um processo de congelamento, maiores gradientes de velocidade axial resultam no aumento da presença de ar e induz alterações significativas dos cátions da dispersão do produto, em particular envolvendo uma bolsa de ar no interior do permutador. Consequentemente, um tempo de residência mais curto do produto em contato com a superfície que trocará calor devido a ação do fluido refrigerante, e uma maior dispersão axial desencadeiam em um produto final com maior quantidade e menores cristais de gelo (FELLOWS, NDOYDE et al, 2006, 2017).

O congelamento, nestes equipamentos, é muito rápido e mais de 50% de água são congelados em poucos segundos, o que justifica seu largo uso em indústrias de gelados comestíveis (JAPERSEN, FELLOWS, SOUSA E SILVA, 1989, 2006, 2016).

Figura 3.4. Representação de um trocador de calor de superfície raspada.



Fonte: TADINI et al, 2016.

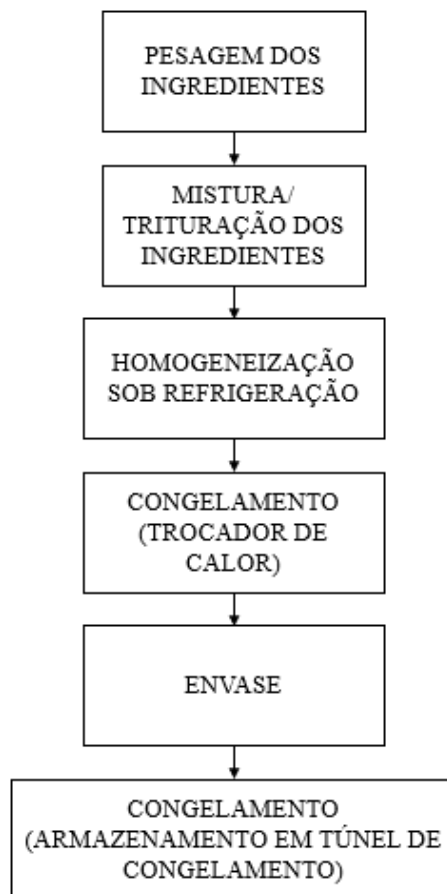
3.4. PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE *SORBETS*

O fluxograma representado na Figura 3.5 é um modelo genérico abordado pela literatura e representa o processamento de *sorbets*.

Na etapa inicial acontece o fracionamento dos ingredientes, posteriormente, sua mistura e homogeneização, depois a passagem por um trocador de calor (sorveteira), envase a temperatura controlada, e finalmente, congelamento em túnel a aproximadamente -20°C (GANDOLFI e MULLER, SCHNEIDER et al, 2014, 2017).

O controle da temperatura ao longo do processamento de gelados comestíveis é fundamental não só em contribuição às características sensoriais do produto relacionados à textura e aparência, como também à parâmetros microbiológicos (GANDOLFI e MULLER, ARAÚJO et al, 2014, 2015).

Figura 3.5. Fluxograma genérico de produção de *sorbet*.



Fonte: Própria autora

Magalhães et al, Santos, Souza e Silva, (2010, 2014, 2016) abordam métodos e ferramentas de gestão da qualidade aplicadas às indústrias de gelados comestíveis e identificam principais pontos a serem trabalhados para melhorar a qualidade desta classe de produtos, como:

- Propriedades, proporção e qualidade dos ingredientes utilizados;
- Eficiência, calibração e manutenção dos equipamentos;
- Procedimentos operacionais padronizados e treinamento da equipe.

3.5. TEXTURA

Moskowitz (2017) relata a importância dos testes de textura para relacionar parâmetros sensoriais com métodos mecânicos instrumentais para compreensão da microestrutura dos alimentos. Nos alimentos, em geral, a textura é um dos atributos mais

importantes entre aqueles que afetam a preferência e a aceitação por parte dos consumidores. Os ensaios mecânicos medem as relações entre pressão e deformação dos materiais e por meio deles, por ensaios instrumentais, determinam-se parâmetros como dureza e coesividade, por exemplo (SILVA, LAVERGNE, 2006, 2016).

A textura executa um papel importante em gelados comestíveis e está diretamente atrelada à qualidade e aceitabilidade dos mesmos por parte dos consumidores. O leite utilizado como ingrediente em sorvetes tem papel fundamental na formação da estrutura destes produtos (MCGHEE, 2014). No caso do *sorbet*, a ausência deste ingrediente soma mais uma dificuldade na formulação do mesmo. Ainda mais quando se sabe que o consumidor espera, de novos produtos do segmento de gelados comestíveis, características sensoriais e reológicas de “sorvetes tradicionais” (KASPRZYK, 2015).

Hidrocolóides são usados para atribuir a alimentos características texturizantes e espessantes, mesmo em concentrações muito pequenas, menores de 1% (MIRZAEI, 2018). Porém, mesmo em proporção ideal, Mcghee et al (2014) afirmam que oscilações da cadeia do frio de *sorbets* têm efeitos drásticos sobre sua textura, devido à formação de grandes cristais de gelo; mas que, se armazenado corretamente, sem estas oscilações de temperatura, os consumidores são incapazes de identificar a diferença entre *sorbets* que passam por diferentes períodos de armazenamento.

Para que os resultados de estudos de textura de alimentos sejam analisados comparativamente, é necessário que os fatores de variação sejam minimizados, pois a natureza de algumas amostras apresenta dificuldade na reprodutibilidade dos ensaios. Além disso, os fatores relativos ao equipamento também devem ser padronizados (PINTO, 2010).

O *Yield point* corresponde, em gráficos de textura, ao ponto de ruptura da amostra, ou seja, o momento em que o *probe* penetra na superfície do alimento submetido à compressão (SHARMA, 2016). Este parâmetro é representado pelo ponto de interseção entre as projeções de reta traçadas tangencialmente à primeira e segunda inclinação dos gráficos de textura (BOURNE, 2002).

O Módulo de elasticidade, ou *Young's modulus* traduz, instrumentalmente, a rigidez de do material submetido à teste de compressão. O módulo de elasticidade é dado pela razão entre a tensão e a deformação da região linear da curva tensão-deformação (SANTOS,

FONSECA, 2012, 2015). Este dado corresponde ao parâmetro de firmeza em em testes sensoriais realizados em alimentos.

Quanto maior é o seu valor, mais rígido é este material. Sua medida se dá pela Equação 3.1 (Lei de Hooke), ou pode ser obtido traçando-se uma reta tangencial à primeira inclinação em gráficos de Tensão x Deformação obtidos através de ensaios de textura (MOSKOWITZ, 2017):

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (\text{Equação 3.1})$$

Onde,

E = módulo de elasticidade ou *Young's modulus* [Pa]

σ = tensão $\left[\frac{N}{m^2}\right]$

ε = deformação [adimensional]

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 PESQUISA DE INGREDIENTES DE *SORBETS*

Cinco grandes redes de supermercados, Extra, Bemais, Carrefour, Hiperbompreço, Pão-de-açúcar, foram visitadas a fim de se coletar informações a respeito dos diferentes ingredientes e proporções utilizados em *sorbets* de açaí comercializados na grande João Pessoa.

De acordo com a lista de ingredientes apresentada em seus rótulos, estes ingredientes foram numerados do maior para o menor de acordo com sua ordem na lista. Por exemplo, se na lista de ingredientes a polpa de açaí fosse o primeiro de catorze ingrediente e o ácido cítrico o último, então o açaí receberia o número catorze e o ácido cítrico, o número um.

Esta informação auxiliou na informação de quais ingredientes fazem parte do *sorbet*, e a partir desse dado, foi feito os testes de cinética de congelamento e descongelamento com cada ingrediente.

4.2 CINÉTICA DE CONGELAMENTO E DESCONGELAMENTO

Os experimentos foram conduzidos no LPCP (Laboratório de Processamento de Carnes e Pescados) do Departamento de Tecnologia de Alimentos do Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional da Universidade Federal da Paraíba.

Para o estudo da influência de cada um dos ingredientes e formulações na cinética de congelamento e descongelamento foram feitos experimentos com amostras binárias que continham açaí e outros ingredientes (Tabela 4.1).

Foram utilizados termômetros digitais de espeto (Incoterm 6132, WT-1), com faixa de leitura de temperatura de -50°C a 300 °C, sorveteira (S-80, Eletro Frios nº 250, Série 031114), Álcool etílico (adicionado de água destilada para obtenção de 80 °GL), como fluido refrigerante, agitador mecânico de hélice (Biovera, IKA RW 20 Digital referência 741000) com velocidade de 1600 rpm, hélice de 4 pás de 350 mm de comprimento, poliestireno expandido (EPS) de 50 mm de espessura, cilindros de aço inoxidável com 10cm de diâmetro e 20 cm de altura, sendo estes 7 cm de isolamento com poliuretano, conforme Figura 4.1. Este isolamento superior e inferior visa promover o apenas fluxo de calor radial.

Figura 4.1. A: cilindro de 20 cm de altura. B: cilindro visto de cima. C: Base inferior do cilindro. D: tampa de EPS. E: termômetros acoplados à tampa do EPS. F: tampa com termômetros acoplados ao cilindro. G: estrutura montada.



Fonte: Própria autora

No congelamento, os cilindros contendo 300 ml dessas amostras foram imersos em álcool 80 °GL, sob temperatura controlada de -45°C , e convecção forçada, dentro da sorveteira. No descongelamento, os mesmos cilindros foram imediatamente imersos em banho termostático (Solab, Banho Maria SL), a 45°C , conforme representado na Figura 4.2. Foram acoplados dois termômetros digitais em cada cilindro de aço inoxidável, um deles medindo a temperatura de seu centroide, e o segundo na mesma altura, porém a 5mm de distância da parede do cilindro.

Figura 4.2. Congelamento e descongelamento (nesta ordem) em sorveteira e banho termostático.



Fonte: Própria autora

O cilindro teve sua superfície tampada com EPS e a temperatura foi monitorada, a cada dois minutos, durante o congelamento e descongelamento. Uma planilha foi criada para registro destes dados (Apêndice A). A etapa de congelamento foi finalizada até o termômetro central marcar, no mínimo, $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ em todos os cilindros. O descongelamento foi feito em banho termostático a temperatura de $45\text{ }^{\circ}\text{C}$, com os cilindros ainda tampados com a folha de EPS (Figura 4.1), até o termômetro central atingir temperatura de $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, no mínimo.

As proporções de ingredientes adicionados nas amostras para cinética de congelamento e descongelamento foram baseadas na literatura ou nas instruções do fabricante. Essas informações podem ser conferidas na Tabela 4.1.

Estes mesmos experimentos de cinética de congelamento e descongelamento também foram realizados em três formulações do *sorbet* de açaí, produzidas em escala menor, no laboratório LPCP, para comparação da ação de aditivos alimentares e algum efeito combinado dos ingredientes.

Tabela 4.1. Formulação utilizada para nas cinéticas de congelamento e descongelamento.

Formulação	Proporção	Referência para a proporção
Açaí Especial	Apenas a polpa de açaí	Legislação*
Açaí + Emulsificante	1%	Indicação do fabricante
Açaí + Xantana	0,15%	Legislação**
Açaí + Pectina	0,2%	Maciel et al, Silva et al (2009, 2015)
Açaí + Liga Comercial + Xantana	0,2% & 0,15%	Indicação do fabricante e legislação**
Açaí + Liga Neutra	0,2%	Indicação do fabricante
Açaí + Base Comercial para Açaí	7,5%	Indicação do fabricante
Açaí + Banana	10%	Indicação do fabricante
Açaí + Arábica	0,2%	Valduga et al, Silva et al, (2003, 2017)
Açaí + Glicose	2%	Rodrigues et al, 2017
Açaí + CMC	0,2%	Silva et al, 2015

Fonte: Própria autora

* IN 01, de 07 de janeiro de 2000

** Resolução CNS/MS n.º 04, de 24 de novembro de 1988

Na primeira formulação as proporções usadas foram idênticas à da indústria parceira do estudo; na segunda, os espessantes utilizados pela formulação original foram substituídos por uma Base comercial para açaí, fortemente indicada por um fornecedor de insumos da empresa parceira; na terceira, à formulação original foi adicionada de 7,5% de açúcar invertido.

4.1.1. Fração mássica de gelo

A estimativa da fração mássica de gelo presente na mistura foi calculada com o auxílio da Equação 4.1, baseada na Lei de Raoult, a partir das Equações 4.2 e 4.3 (HELDMAN, 1992 apud TADINI, 2016).

$$\ln a_w = \frac{\Delta_{fus}\hat{H}}{R} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T_{ic}} \right) \quad (\text{Equação 4.1})$$

Onde,

a_w = Atividade de água [adimensional]

$\Delta_{fus}\hat{H}$ = Entalpia molar de fusão do gelo [J.mol⁻¹]

R = Constante universal dos gases [J.mol⁻¹.K⁻¹]

T_0 = Ponto de congelamento da água pura [K]

T_{ic} = Temperatura inicial de congelamento [K]

$$M_{Ms} = \frac{a_w m_{ss}}{\frac{m_w}{M_w} (1 - a_w)} \quad (\text{Equação 4.2})$$

Onde,

M_{Ms} = Massa molar efetiva dos sólidos [kg.mol⁻¹]

m_{ss} = Massa de sólidos solúveis [kg/100kg]

m_w = Massa de água [kg/100kg]

M_w = Peso molecular da água [g.mol⁻¹]

$$X_I = \frac{m_{ss}}{M_{Ms}} \frac{RT_0^2}{\Delta_{fus}H} \frac{(T_{ic} - T_{XI})}{(T_{ic} - T_0)(T_{XI} - T_0)} \quad (\text{Equação 4.3})$$

Onde,

X_I = Fração de gelo formada [kg_{gelo}.kg_{total}⁻¹]

T_{XI} = Temperatura na qual deseja-se obter a fração mássica de gelo [°K]

4.1.2. Atividade de água

A atividade de água de cada amostra foi aferida em triplicata, no Laboratório de Físico-química do Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional da Universidade Federal da Paraíba, em um higrômetro AquaLab Series 4TEV, a 25°C, previamente calibrado com água destilada e sílica gel. Este dado também é imprescindível para o cálculo de fração mássica de gelo (Equação 4.3).

4.1.3. Umidade

A umidade do açaí especial, matéria-prima do *sorbet* de açaí, foi feita no LACOM (Laboratório de Combustíveis e Materiais) do Centro de Ciências Exatas e da Natureza da Universidade Federal da Paraíba, em uma estufa à vácuo Tecnal TE-395, a 70 °C de acordo com metodologia do Instituto Adolf Lutz. Este dado servirá para o cálculo de massa molar efetiva dos sólidos (Equação 4.2).

4.1.4. Densidade

A densidade foi calculada em triplicata através da Equação 4.4. A altura do *sorbet* no pote foi medida com uma régua e calculado os volumes que os *sorbets* ocupavam no recipiente. Para calcular este volume, os potes foram completados de água até a altura aferida pela régua e depois este volume de água foi medido em uma proveta, pois os potes apresentavam diâmetros distintos entre a parte inferior e superior. Os potes cheios de *sorbet* foram pesados e depois os mesmos potes foram pesados vazios, para que a massa do pote fosse desprezada no cálculo de densidade. Estes valores de densidade foram calculados para o *sorbet* assim que passou pela sorveteira, a -4°C, e para as mesmas amostras depois de terem aguardando 90 minutos descongelando em temperatura ambiente de 20°C.

$$D = \frac{m}{v} \quad (\text{Equação 4.5})$$

Onde,

m = massa [g]

v = volume [m³]

4.1.5. Sólidos solúveis

Os sólidos solúveis, ou °brix, foram aferidos em todas as formulações. Esta análise foi feita com um refratômetro devidamente calibrado com água destilada a 20°C. O dado compõe a Equação 4.2 e 4.3 de massa molar efetiva dos sólidos e fração mássica de gelo, respectivamente.

4.1.6. Velocidade de congelamento

A velocidade ou taxa da frente de congelamento pode ser determinada pela Equação 4.5, onde Δr é a distância entre os termômetros dispostos nas amostras, nos testes de cinética de congelamento e descongelamento (Figura 5.3) (DÁVILA, 2007).

$$\frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{r_2 - r_1}{t_2 - t_1} \quad (\text{Equação 4.5})$$

Onde,

r = raio [mm]

t = tempo [min]

Como os termômetros de espeto estão fixos por uma placa de EPS (Figura 4.1), a distância entre eles é conhecida, de 45 mm. A velocidade de congelamento foi determinada pela Equação 4.4. A variação de tempo (Δt) foi determinada pela diferença do tempo em que se registra a temperatura inicial de congelamento na posição r_2 e o tempo em que se registra a temperatura inicial de congelamento na posição r_1 . Desta forma, foi calculada a velocidade média da frente de congelamento.

O período de congelamento foi obtido a partir da diferença entre o tempo (min) de início da etapa de mudança de fase (platô de congelamento) e a temperatura de -10 °C. O período de descongelamento foi obtido a partir do tempo (min) em que foi marcada a temperatura de -10 °C até o final da etapa de mudança de fase (platô de descongelamento). As temperaturas de 10 e -10 °C foram escolhidas devido todas as amostras terem passado por elas.

4.2. AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO *SORBET* DE AÇAÍ.

O estudo do processamento foi realizado em uma empresa produtora de *sorbet* de açaí localizada no município de João Pessoa.

A equipe de produção não foi anteriormente informada sobre o trabalho em desenvolvimento para que não houvesse influência desta informação nas condutas adotadas durante a fabricação do *sorbet* de açaí. O formulário (Apêndice B) foi preenchido em todos os dias em que a produção foi realizada.

4.2.1. Mapeamento do perfil de temperatura no processamento do *sorbet*.

Um fluxograma mais detalhado do processamento e expedição do *sorbet* de açaí realizado na indústria foi elaborado a partir do acompanhamento no dia a dia da indústria. Este fluxograma foi desenvolvido no software Bizagi Modeler.

Com termômetros digitais de espeto (Incoterm 6132, WT-1) foram medidas as temperaturas da calda do *sorbet* de açaí nas seguintes etapas do processamento: trituração dos ingredientes, mistura da calda no misturador, envase do *sorbet*, empilhamento da primeira, segunda, terceira, quarta e quinta torre (cinco caixas empilhadas, contendo 30 potes de açaí cada), entrada nos túneis de congelamento.

Esta medição foi realizada a fim de conhecer o perfil de temperatura do *sorbet*, e suas variações, nas várias etapas do processo. Estas informações e observações sobre dificuldades no processo produtivo foram registradas em uma planilha (Apêndice B) e posteriormente analisadas, a fim de encontrar pontos de melhoria no processamento do *sorbet* de açaí.

O fluxograma do processamento e expedição do *sorbet* de açaí, desde o recebimento dos insumos necessários até a saída do mesmo da fábrica foi desenvolvido a partir de fluxograma do Programa de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle, já validado pela equipe multidisciplinar do documento, baseado no acompanhamento diário da produção do *sorbet*. Este fluxograma foi desenvolvido no software Bizagi Modeler.

4.2.2. Efeito do equipamento

Para verificação da influência do equipamento (sorveteira) na textura e na formação de cristais de gelo na superfície do *sorbet*, a mesma calda triturada e misturada foi congelada em escala industrial, na empresa, em trocador de calor de superfície raspada (Marca Inadal

Indústria e Comércio de Máquinas LTDA, Tipo GM 300, n° de série 2967), e foram feitos testes em escala piloto no LPCP em uma sorveteira (S-80, Eletro Frios n° 250, Série 031114). Amostras de *sorbets* produzidas em cada sorveteira foram imediatamente congeladas e outras foram deixadas em temperatura ambiente, por 90 minutos, e posteriormente congeladas, simulando o que acontece na fabricação da indústria parceira.

4.2.3. Efeito do *headspace*

Foram realizados testes de preenchimento de toda a embalagem do *sorbet* para diminuição do *headspace*, ou seja, o espaço vazio da embalagem, e verificação da influência deste parâmetro na formação de cristais de gelo em sua superfície.

4.2.4. Efeito do selo

Visto que, a embalagem do *sorbet* de açaí era selada por uma chapa seladora a 360 °C, em média, foram fabricadas três potes sem este selo, com o intuito de verificar a influência desta etapa do processo na formação de cristais de gelo na superfície do produto.

4.3. TEXTURA

Os testes de textura foram feitos no laboratório de Análise Instrumental CVTSAN no Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional da Universidade Federal da Paraíba, em um texturômetro Texture Analyzer Brookfield, utilizando o *probe* cilíndrico TA44. As análises foram feitas em triplicata nas condições de velocidade de 2 mm/s, a 0,1 N de força de gatilho, sendo a amostra penetrada em 50% da sua altura inicial, em cada tempo de descongelamento (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 min) em amostras com ruptura da cadeia do frio e sem ruptura da cadeia do frio.

As amostras e *sorbet* de açaí foram sempre perfuradas a 30 mm da borda do pote, simulando uma “colherada” do consumidor. As amostras com as iniciais SRUP não passaram por ruptura na cadeia do frio, e foram imediatamente armazenadas em freezer, a aproximadamente $-20,3\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1,9$. As amostras com as iniciais CRUP tiveram ruptura em sua cadeia de frio, aguardando cerca de 90 minutos para serem armazenadas em freezer, simulando o processamento da indústria parceira.

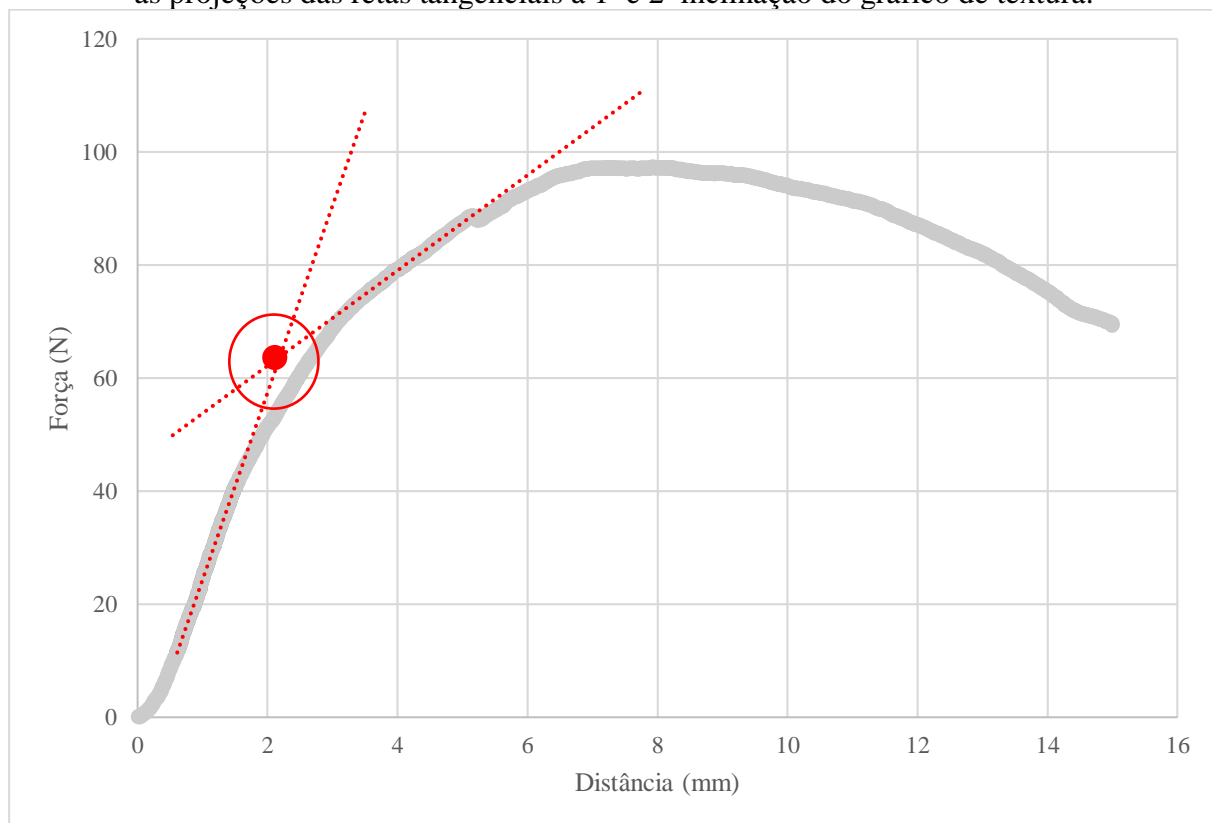
Os resultados foram exportados do computador acoplado ao Texturômetro, e tratados na ferramenta Excel. Os números referentes a Força (N) e Distância (mm) deram origem à

gráficos (Figura 4.2 e 4.3) através dos quais os valores de *Yield point* e *Young modulus* foram obtidos.

4.3.1. *Yield point*

Este valor foi obtido traçando-se duas retas tangenciais a primeira e segunda inclinações do gráfico de textura de Força x Distância. O ponto de interseção entre a projeção destas duas retas é o *Yiel point*, conforme representado na Figura 4.3.

Figura 4.3. Representação gráfica do *Yiel point*, obtido a partir do ponto de interseção entre as projeções das retas tangenciais à 1ª e 2ª inclinação do gráfico de textura.

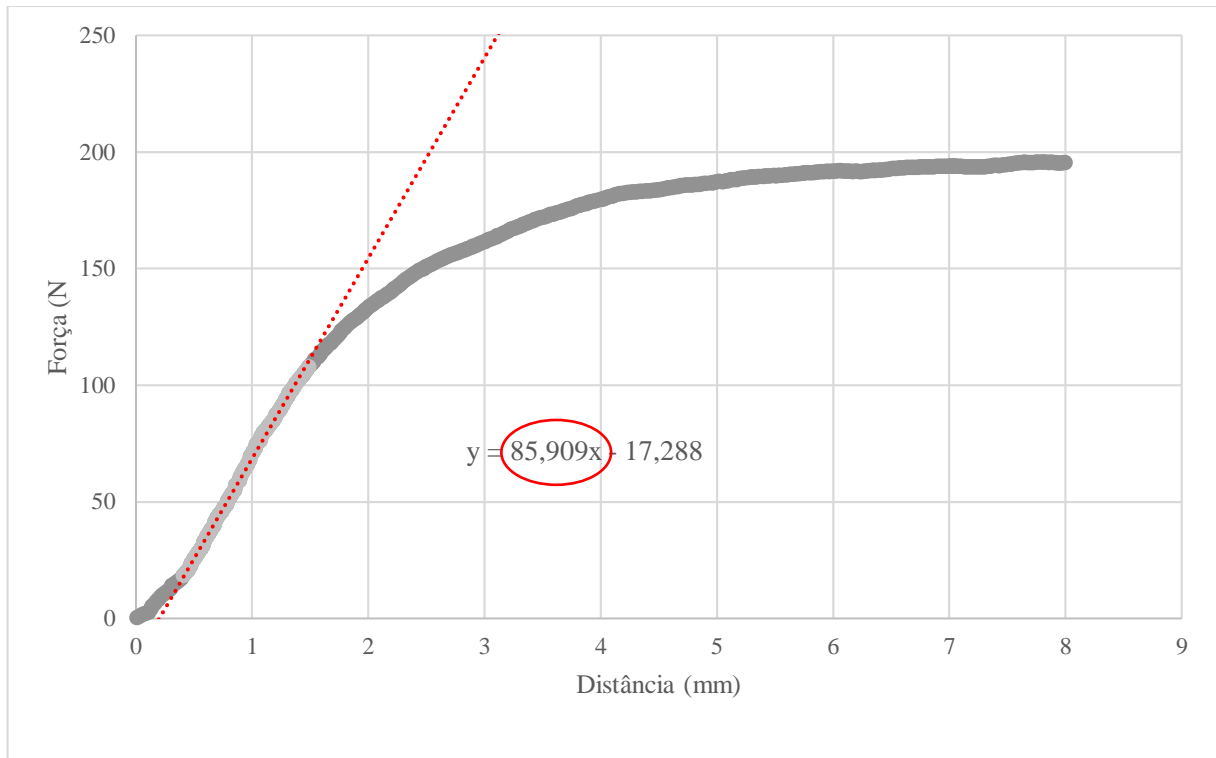


Fonte: Própria autora

4.3.2. *Young's modulus*

O *Young's modulus* foi obtido traçando-se uma reta tangencial que melhor se ajusta à primeira inclinação dos gráficos de textura de Força x Distância. O coeficiente angular destas retas corresponde ao *Young's modulus*.

Figura 4.4. *Young's modulus*, calculado a partir do coeficiente angular da reta traçada tangencialmente a primeira inclinação em gráficos de textura.



Fonte: Própria autora

4.4. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

As análises estatísticas de variância ANOVA a um nível de significância de 5% foram feitas no programa IBM SPSS Statistic Versão 20.

5. RESULTADO E DISCUSSÃO

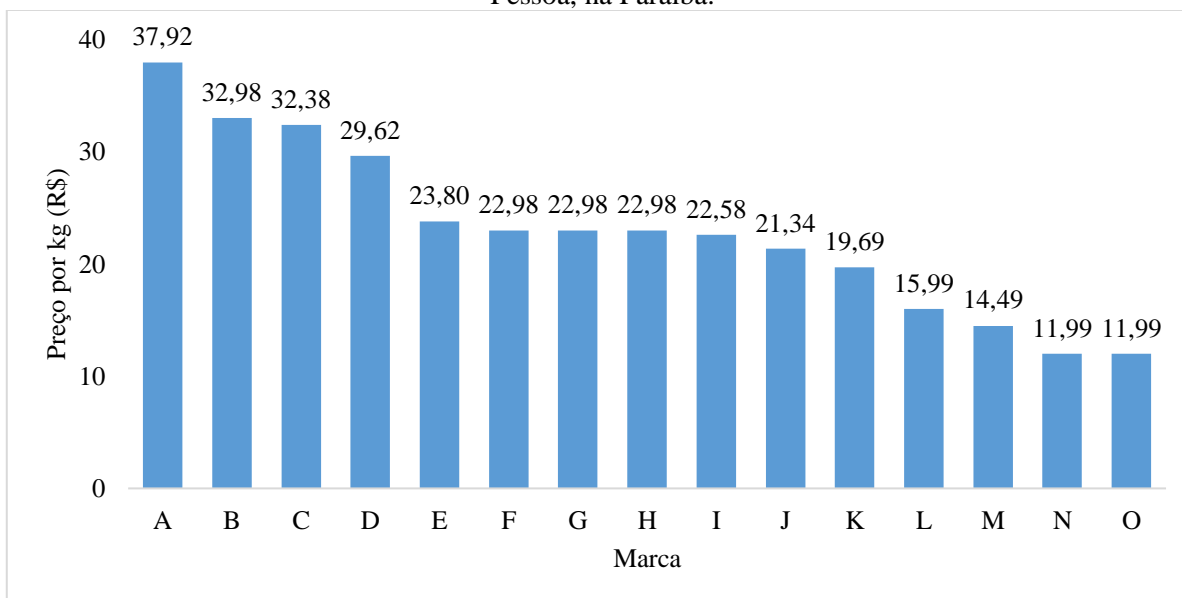
5.1. PESQUISA DE PRODUTOS SIMILARES

5.1.1. Preço

Foram encontrados *sorbets* de açaí dos mais diversos tamanhos em embalagens de formas diversificadas.

O preço destes produtos foi padronizado por kg, para melhor comparação entre eles. O gráfico com estes resultados está representado na Figura 5.1. A variação nos preços é superior a 30%. A competitividade entre as marcas, mesmo com essa alta variação de preços, pode estar relacionada à qualidade percebida do produto, pois, conforme Zeithaml (1988), o preço é uma das pistas que o consumidor identifica como potencial agregação de valor. Marian (2014), afirma também que, em produtos alimentícios convencionais, um valor acima da média atrai o consumidor para a compra, à espera de que este produto apresente melhores benefícios que dos demais concorrentes, e que isto explica a alta diferença de valores e a permanência destes diversos produtos no mercado.

Figura 5.1. Preço por kg de *sorbets* de açaí de diferentes marcas nos supermercados da grande João Pessoa, na Paraíba.



Fonte: Própria autora

5.1.2. Formulação

Como não é possível obter a formulação de cada marca, os ingredientes presentes na lista de ingredientes de cada marca foram numerados de acordo com sua apresentação no rótulo. O primeiro ingrediente, de maior proporção, recebeu numeração mais alta, e o último, de menor proporção, o número menor. Este método foi utilizado a fim de possibilitar a comparação das proporções utilizadas pelas diferentes marcas de *sorbet* de açaí encontradas no mercado. Por exemplo, no caso de o produto ter 12 ingredientes, o primeiro listado na lista de ingredientes receberia a numeração 12, e o último, a numeração 1. A partir destas informações foram feitos os gráficos do Apêndice E.

Conforme definido anteriormente, o aditivo alimentar não tem função nutricional, apenas tecnológica. No caso do *sorbet* de açaí, os ingredientes utilizados são açaí, água, açúcar, banana; e aditivos alimentares, espessantes, estabilizantes, emulsificantes, acidulantes, corantes e edulcorantes; evidenciando a necessidade do uso de várias tecnologias na formulação deste produto, para a manutenção da qualidade do mesmo. As funções tecnológicas dos aditivos utilizados estão relacionadas não apenas às características sensoriais, como textura, sabor, cor, mas também à sua vida de prateleira, como é o caso do ácido cítrico, utilizado em menores proporções. O frio também é responsável pelo aumento desta vida útil, uma vez que retarda a proliferação de microrganismos presente nos alimentos.

O ingrediente predominante varia entre açaí e água, o que nos leva a crer que a classificação do açaí utilizado na formulação do *sorbet* não é diretamente informada, uma vez que o açaí adicionado de 20% e 40% de água leva o nome de médio e fino, respectivamente. Apenas duas das marcas encontradas no mercado informam que o açaí utilizado na formulação é médio, ou seja, adicionado de 20% de água. As demais marcas informam “polpa de açaí” ou, simplesmente, “açaí”.

Como terceiro ingrediente tem-se o açúcar, seguindo de diversos espessantes e outros edulcorantes, aromatizantes nas mais diversas proporções (sempre levando em consideração a ordem dos ingredientes na embalagem). E por último, os emulsificantes e o acidulante ácido cítrico, utilizado em todas as marcas, até no produto que leva o nome de orgânico, que, segundo legislação brasileira, permite adição de até 5% de ingredientes não orgânicos em sua formulação (BRASIL, 2004).

A pesquisa serviu para comparação dos ingredientes utilizados pelo mercado concorrente e sua convergência com os aditivos alimentares da formulação do *sorbet* de açaí

da indústria parceira. Foi verificado que 73% das marcas utilizam goma guar e glicose de milho em suas formulações. 26% utilizam goma tara e 33%, goma xantana. A goma CMC é usada em 47% das formulações, espessante bastante utilizado pelas marcas concorrentes que diverge da formulação do produto estudado. Logo, a formulação utilizada pela empresa parceira está de acordo com as tecnologias utilizadas no mercado atual. As formulações são apenas do *sorbet* de açaí tradicional, com ou sem banana, sem adição de frutas e/ou leite.

O açúcar, a banana e a água, aqui designados como ingredientes, representam em média a maior numeração, sendo os primeiros da lista e, conseqüentemente, as maiores proporções.

Tabela 5.1. Ingredientes listados nos *sorbets* de açaí comercializados na grande João Pessoa, de acordo com ordenação na lista de ingredientes.

Classificação	Média \pm desvio padrão
Demais ingredientes	35 \pm 6
Aditivos alimentares relacionados à textura	28 \pm 8
Outros aditivos alimentares	20 \pm 7
Matéria-prima	17 \pm 3

Fonte: Própria autora

5.2. PROPRIEDADES FÍSICAS DE POLPA DE AÇAÍ ADITIVADA

A umidade da polpa de açaí foi de $86,9 \pm 0,4$. Este valor é compatível com os resultados encontrados por Silva et al e Jesus et al (2017, 2017).

As amostras não mostraram diferença significativa ($p > 0,05$) em relação à atividade de água, o que esclarece que, em nível molecular, os diferentes ingredientes não alteram a condição de água livre de $0,997 \pm 0,003$. Esta informação da atividade de água da solução é de extrema importância, pois esta água livre corresponde à quantidade de água congelável, correspondente à variável a_w da Equação 4.1, utilizada para o cálculo da temperatura inicial de congelamento (T_{ic}) e da fração mássica de gelo. Na produção de alimentos congelados, ocorre o congelamento da água livre presente. A outra parte desta água presente no alimento está fortemente ligada aos complexos coloidais macromoleculares pelas suas estruturas geleificantes ou fibrosas no interior das células e nos hidratos (DÁVILA, 2007).

Tabela 5.2. Valores de umidade, atividades de água polpa de açaí aditivada.

Parâmetros	Resultados
Umidade	86,9 \pm 0,4
A_w	0,997 \pm 0,003

Fonte: Própria autora

A massa de sólidos solúveis (m_{ss}) é outro parâmetro imprescindível para o cálculo da fração de gelo baseada na Lei de Raoult. Ao verificar os sólidos solúveis das amostras, percebeu-se diferença significativa ($p < 0,05$) entre os resultados das mesmas, conforme podemos verificar da Tabela 5.3.

A partir dos resultados de atividade de água e sólidos solúveis foi calculada a massa molar efetiva dos sólidos (M_{Ms}). Os resultados estão apresentados na Tabela 5.3. Os resultados de massa molar efetiva de sólidos apresentam diferença significativa entre si similar aos resultados de sólido solúveis, uma vez que o primeiro é diretamente proporcional ao segundo.

O elevado valor de sólidos solúveis verificado na Base Comercial para Açaí implica que sua formulação é rica em açúcares, neste caso a glicose, o que pôde ser conferido também na lista de ingredientes de sua ficha técnica, fornecida pelo fabricante da mesma.

Tabela 5.3. Sólidos solúveis e massa molar efetiva dos sólidos das amostras.

Formulação	Sólidos solúveis (kg/100kg)	Massa molar efetiva dos sólidos (kg.mol ⁻¹)
Açaí + Emulsificante	4,52 ± 0,01 ^e	291,86 ± 0,01 ^e
Açaí Especial	4,52 ± 0,01 ^e	292,08 ± 0,01 ^e
Açaí + Liga Comercial	4,52 ± 0,01 ^e	292,08 ± 0,01 ^e
Açaí + Arábica	5,02 ± 0,01 ^d	324,39 ± 0,01 ^d
Açaí + Liga Comercial + Xantana	5,02 ± 0,01 ^d	324,39 ± 0,01 ^d
Açaí + Glicose	6,02 ± 0,01 ^c	389,01 ± 0,01 ^c
Açaí + Carboximetilcelulose Sódica	6,02 ± 0,01 ^c	389,01 ± 0,01 ^c
Açaí + Xantana	6,02 ± 0,01 ^c	389,01 ± 0,01 ^c
Açaí + Banana	7,02 ± 0,01 ^b	453,63 ± 0,01 ^b
Açaí + Pectina	7,02 ± 0,01 ^b	453,63 ± 0,01 ^b
Açaí + Base Comercial para Açaí	12,02 ± 0,01 ^a	776,72 ± 0,01 ^a

Fonte: Própria autora

Teste de Duncan. Letras iguais na mesma coluna não diferenciam significativamente ao nível de 5% de significância.

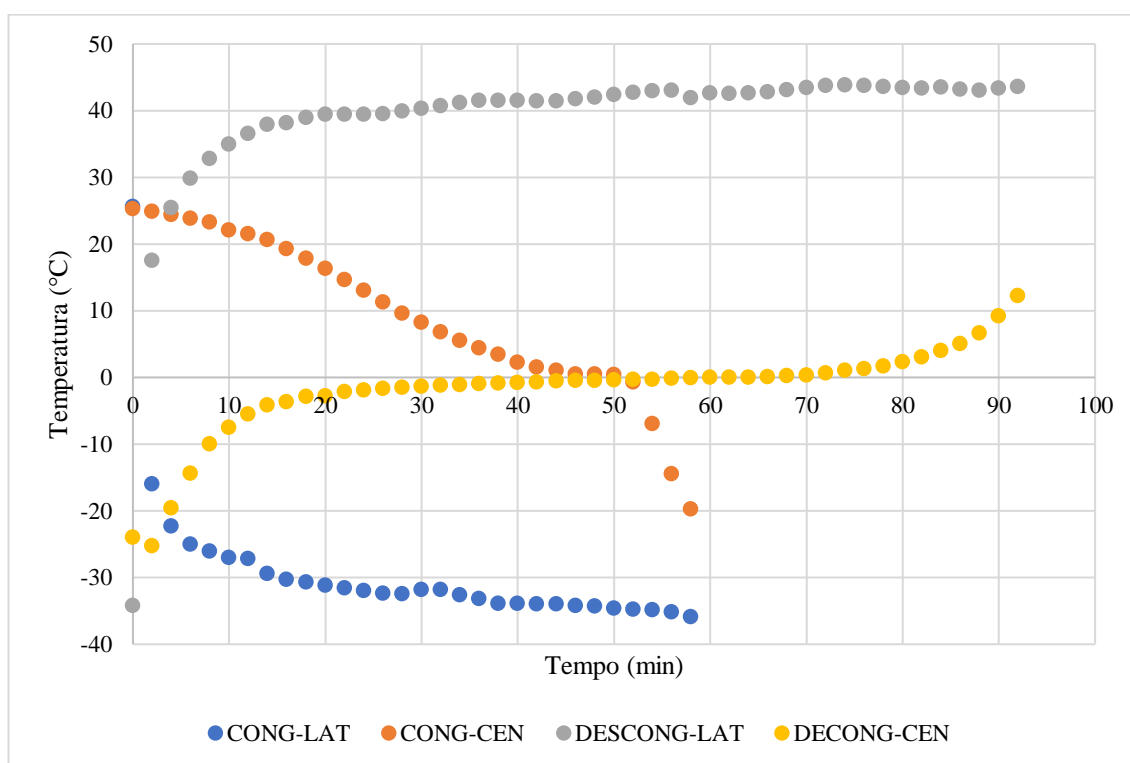
Esta constatação foi crucial para a determinação das formulações com as quais foram realizados experimentos de cinética de congelamento e descongelamento (Apêndice D), onde

substituíram-se as ligas comerciais da formulação original da empresa parceira por glicose, a fim de quantificar a influência deste ingrediente na textura do produto.

5.3. CINÉTICA DE CONGELAMENTO E DESCONGELAMENTO

Os resultados da temperatura inicial de congelamento (T_{ic}) obtida experimentalmente foram similares entre os ingredientes analisados, e correspondente aos resultados calculados a partir das equações baseadas na Lei de Raoult para estes mesmos ingredientes. A Figura 5.3 representa a cinética de congelamento e descongelamento da polpa de açaí. Os demais gráficos estão apresentados no Apêndice C.

Figura 5.3. Cinética de congelamento e descongelamento da polpa de açaí.



Fonte: Própria autora

Dávila (2007) constatou, em seus experimentos de dinâmica de congelamento, que a T_{ic} sofre alteração apenas em amostras que apresentam sólidos solúveis acima de 20. Estes resultados são correspondentes aos do presente estudo, uma vez que o maior teor de sólidos solúveis aferido foi de 12%.

5.3.1. Velocidade de congelamento e descongelamento

A Tabela 5.4 apresenta os resultados da cinética de congelamento e descongelamento. Os valores de velocidade para todas as amostras variaram de 0,9 a 1,3 mm/min. Com estes

resultados é possível classificar os congelamentos de todas as amostras como congelamento rápido (0,5 a 1,67 mm/min). Esta classificação é recomendada pelo Instituto Internacional de Refrigeração (Recommendations for the Processing and Handling of Frozen Foods, 1986 apud DÁVILA, 2007).

Tabela 5.4. Velocidade de congelamento e descongelamento. t_1 e t_1' : tempo (min) em que o termômetro lateral atinge a T_{ic} , t_2 e t_2' tempo (min) em que o termômetro central atinge T_{ic} , Δt : variação de tempo no congelamento, $\Delta t'$: variação do tempo no descongelamento.

Amostra	raio (mm)	Congelamento				Descongelamento			
		t_1 (min)	t_2 (min)	Δt	V_{cong} (mm/min)	t_1' (min)	t_2' (min)	$\Delta t'$	$V_{descong}$ (mm/min)
Açaí especial	45	2	46	44	1,02	2	38	36	1,25
Açaí + emulsificante e (1%)	45	2	52	50	0,90	2	66	64	0,70
Açaí + goma xantana (0,15%)	45	9	46	37	1,22	14	56	42	1,07
Açaí + Liga Neutra (0,2%) + xantana (0,15%)	45	3	46	43	1,05	6	38	32	1,41
Açaí + Liga Neutra (0,2%)	45	2	46	44	1,02	3	32	29	1,55
Açaí + banana (10%)	45	2	36	34	1,32	5	24	19	2,37
Açaí + goma arábica (0,2%)	45	3	44	41	1,10	5	32	27	1,67
Açaí + pectina (0,2%)	45	3	42	39	1,15	5	30	25	1,80
Açaí + CMC (0,2%)	45	6	44	38	1,18	10	30	20	2,25
Açaí + glicose (2%)	45	5	42	37	1,2162	8	32	24	1,87
Açaí + Base comercial para açaí (7,5%)	45	3	42	39	1,15	6	50	44	1,02

Fonte: Própria autora

5.3.2. Período de congelamento e descongelamento

Os valores de velocidade da frente de congelamento, mostram que sua velocidade de acordo com o raio. A velocidade da frente de congelamento é inversamente proporcional ao valor do raio, e diminui conforme se aproxima do centróide da amostra. Ao diminuir a diferença de temperatura entre a frente de congelamento e o centro, a força motriz responsável pela transferência de calor é reduzida (DÁVILA, 2007).

A amostra contendo banana revelou-se com maior velocidade de frente de congelamento e descongelamento. Em sorvetes elaborados com biomassa de banana verde, percebe-se maior taxa de derretimento em produtos que levam maior proporção deste ingrediente em sua formulação. O uso desta farinha está atrelado à busca por melhores parâmetros nutricionais e sensoriais relacionados à textura (WROBEL, TEIXEIRA, 2017).

A amostra com emulsificante apresentou menor velocidade, tanto na frente de congelamento como de descongelamento. Pode-se constatar que o uso destes emulsificantes retarda a entrada do frio, porém, retém este frio por mais tempo no produto, em caso de ruptura da cadeia.

Este argumento não é válido para todos os ingredientes testados. A goma xantana apresentou a segunda maior velocidade de frente de congelamento e resistência ao descongelamento, evidenciando a importância tecnológica de seu uso em gelados comestíveis. Ao contrário, o CMC auxilia na frente de congelamento, mas é pouco resistente à frente de descongelamento.

Na Tabela 5.5 estão apresentados os períodos (min) de congelamento e descongelamento das amostras. Lembrando que as temperaturas de congelamento e descongelamento foram, respectivamente, -45°C (sorveteira) e 45°C (banho termostático).

Percebe-se que os aditivos alimentares classificados como espessantes influenciaram positivamente nas cinéticas, diminuindo o tempo de congelamento e aumentando o tempo de descongelamento. A goma xantana, constatando os valores encontrados na velocidade da frente de congelamento e descongelamento, mostrou grande eficiência no congelamento e resistência ao descongelamento.

Tabela 5.5. Período de congelamento e descongelamento das amostras.

Amostra	Congelamento			Descongelamento		
	t1 (min)	t2 (min)	Δt (min)	t1' (min)	t2' (min)	$\Delta t'$ (min)
Açaí especial	46	55	9	8	72	64
Açaí + emulsificante (1%)	52	61	9	7	104	97
Açaí + goma xantana (0,15%)	46	56	10	7	94	87
Açaí + Liga Neutra (0,2%) + goma xantana (0,15%)	46	61	15	7	74	67
Açaí + Liga Neutra (0,2%)	46	59	13	7	74	67
Açaí + banana (10%)	36	59	23	6	34	28
Açaí + goma arábica (0,2%)	44	54	10	7	70	63
Açaí + pectina (0,2%)	42	55	13	7	60	53
Açaí + CMC (0,2%)	44	56	12	8	66	58
Açaí + glicose (2%)	42	61	19	7	48	41
Açaí + Base comercial para açaí (7,5%)	42	59	17	11	62	51

Fonte: Própria autora**5.3.3. Fração mássica de gelo**

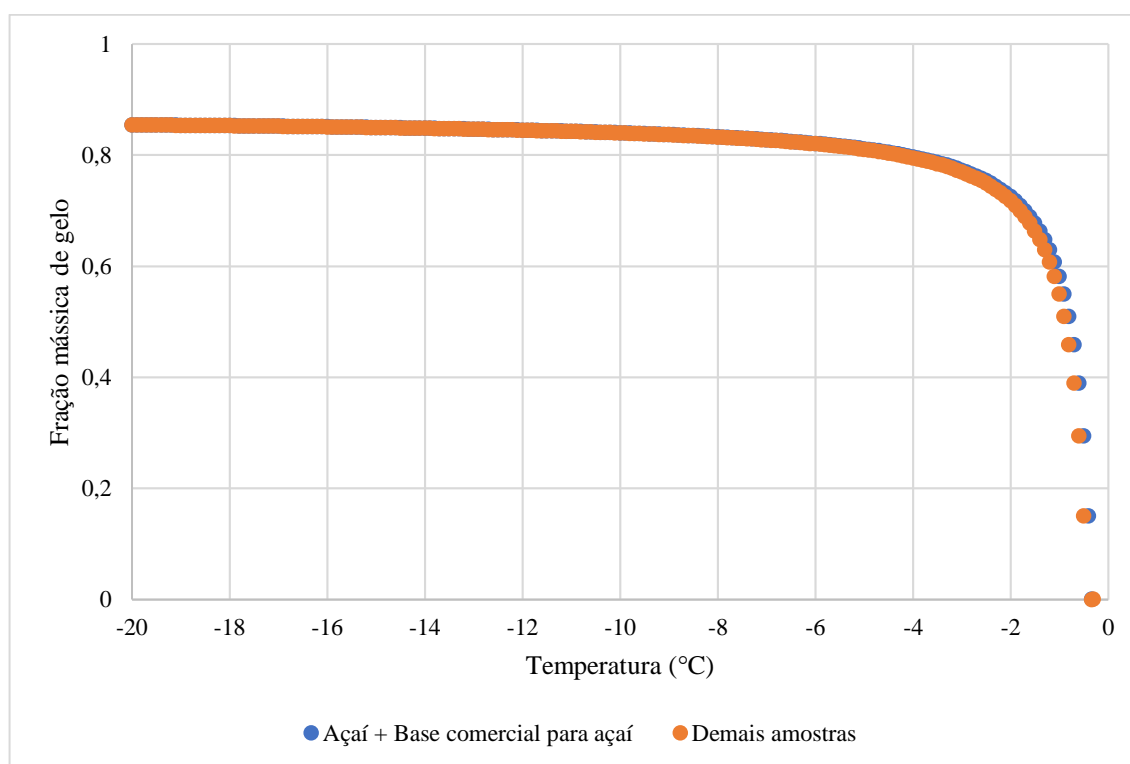
A partir da umidade, atividade de água e conteúdo de sólidos solúveis, foi calculada a fração mássica de gelo de todas as amostras (Equação 4.3).

A temperatura em que o fenômeno de congelamento inicia é ligeiramente inferior ao ponto de congelamento da água livre e é definida como a temperatura de início de congelamento do alimento (T_{ic}) (SILVA, 1985, HENSE 1990 apud DÁVILA, 2007).

As propriedades térmicas dos alimentos se modificam abaixo da temperatura do ponto de congelamento, devido à formação dos cristais de gelo. O ponto de congelamento pode ser predito por modelos classificados em três grupos: teóricos, empíricos e semiempíricos. Nos modelos teóricos, os alimentos são considerados soluções ideais, nos demais é levado em consideração as medidas experimentais do comportamento do alimento submetido ao congelamento. Os resultados observados nos testes de cinética de congelamento e descongelamento são similares aos resultados calculados a partir das Equações 4.1, 4.2 e 4.3, baseadas na Lei de Raoult. Esta fração mássica é de extrema importância para seleção apropriada de regime de temperatura a ser adotado na cadeia produtiva de alimentos congelados (TADINI, 2016).

O aumento na fração de sólidos solúveis implica maior número de moléculas de água envolvidas em interações com moléculas de soluto, provocando uma diminuição na fração de água livre congelada. Porém, mesmo os sólidos solúveis das amostras apresentando diferença significativa, o resultado da fração mássica de gelo não apresentou diferença entre as amostras, com exceção da amostra com 12 °brix, referente à polpa de açaí adicionada da Base comercial para açaí, que retarda a fração mássica de gelo ligeiramente, conforme pode ser verificado na Figura 5.4.

Figura 5.4. Fração mássica de gelo em relação à temperatura de congelamento.



Fonte: Própria autora

O aumento da fração mássica de gelo, conforme pode ser encontrado na literatura e também conferido no gráfico da Figura 5.4, é diretamente proporcional à temperatura de congelamento (DÁVILA, FERNANDES, 2007, 2010).

Na sorveteira utilizada na indústria, o envase do *sorbet* de açaí acontece aproximadamente, -4 °C. A partir do cálculo, é possível identificar que, à temperatura de -4 °C, 80% da fração de gelo já está formada.

Por apresentar similaridade nas cinéticas de congelamento e descongelamento, por ter apresentado bom aspecto após passagem pela sorveteira e também por apresentarem diferença

no sabor, as formulações submetidas a testes de cinética de congelamento e descongelamento não foram seguidas adiante para demais testes por isso. As alterações na formulação do produto foram descartadas.

5.4. MAPEMANETO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO *SORBET* DE AÇAÍ

O fluxograma da Figura 5.6 foi elaborado a partir do acompanhamento do processamento e expedição do *sorbet* de açaí.

O açaí adquirido é recebido em baldes plásticos lacrados, revestidos duplamente com sacos de polietileno de baixa densidade.

O açúcar é adquirido no mercado atacado. A liga neutra, corante roxo, corante caramelo, extrato de guaraná, glicose de milho, emulsificante são adquiridos no mercado local, cujo fornecimento variava de acordo com preço do produto. No entanto, as marcas são mantidas as mesmas, e só são trocadas mediante consulta prévia com a responsável técnica da fábrica.

Os insumos são recebidos pela equipe do almoxarifado da fábrica, quando se trata de embalagens e ingredientes. A matéria-prima açaí é recebida pelo controle de qualidade. A partir da verificação da conformidade, integridade e segurança dos insumos, eles são armazenados ou direcionados para devolução.

Os ingredientes (gomos, açúcar, conservante, corante e acidulante) são fracionados no laboratório da fábrica por um analista do setor de controle de qualidade e já são direcionados para o setor de produção devidamente acondicionado separadamente em sacos de polietileno de baixa densidade, por batida no triturador.

Em ambiente de produção os manipuladores colocam menores porções dos ingredientes no triturador (capacidade de 60 kg) para trituração dos mesmos e posterior bombeamento para um misturador encamisado, de 1 tonelada de capacidade, que mantém a refrigeração da calda a aproximadamente 4°C.

Após a trituração de todos os ingredientes, a calda resultante desta mistura é bombeada para uma sorveteira (Figura 5.5), um trocador de calor de superfície raspada da marca Inadal, não mais fabricada no mercado, que permite parametrização apenas da vazão da calda, sem ajuste de temperatura.

Figura 5.6. Fluxograma de produção e expedição do sorbet de Açaí

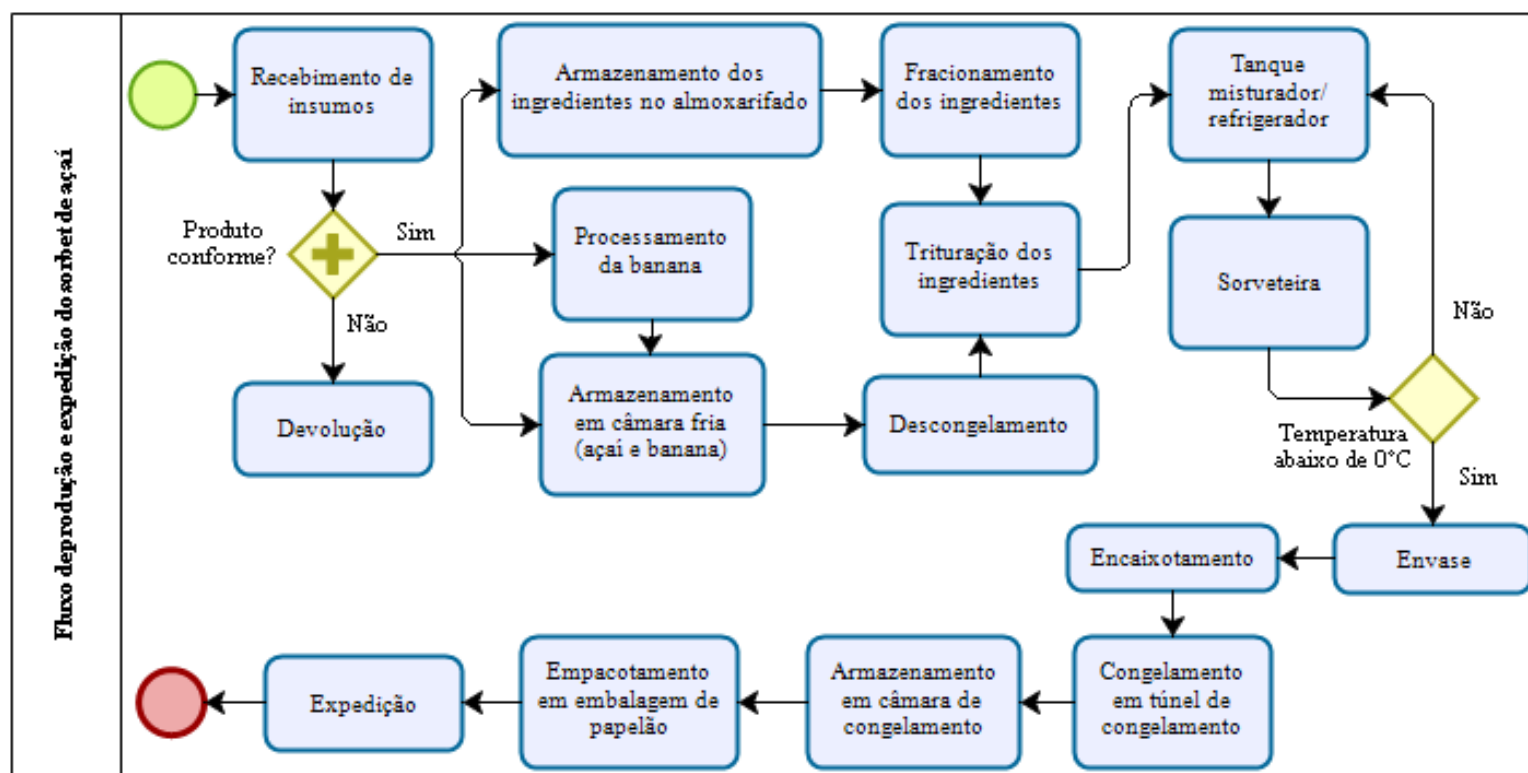


Figura 5.5. Sorveteira Inadal, série 2967, trocador de calor da linha de produção do *sorbet* de açaí.



Fonte: Própria autora

O armazenamento das embalagens de *sorbet* de açaí é feito em caixas plásticas de dimensões 56 cm profundidade, 36 cm altura e 31,5 cm de comprimento. São dispostas 30 unidades de 290g de *sorbet* de açaí por caixa plástica.

O armazenamento em túneis de congelamento é realizado mediante disponibilidade de um colaborador da equipe de estoque. Este tempo no qual o produto passava em temperatura ambiente era variável, e houve casos em que, só ao final da produção, cerca de três horas depois, os gelados comestíveis eram direcionados aos túneis de congelamento.

Após 24 horas de estocagem em túneis de congelamento a temperatura de -20°C , os *sorbets* de Açaí são estocados em câmara fria, a -18°C . Para expedição, as embalagens primárias de *sorbet* de açaí são empacotados em embalagens secundárias de papelão.

5.4.1. Acompanhamento do processo em dias de produção

Foi possível identificar pontos de melhoria no processamento do *sorbet* de açaí, a partir do acompanhamento de dias de produção:

- Em 75% dos casos, havia apenas um operador na linha, para operar a sorveteira e a dosadora e encaixotar o produto final. O que causava desperdício da calda, uma

vez que a vazão da mesma era monitorada de forma descontínua e o produto congelava na sorveteira ou escorria do balde quando a calda não estava na temperatura correta (Figura 5.7);

- Os exaustores do setor de produção em mal funcionamento, e a temperatura ambiente é de 20 °C aproximadamente;
- Houve troca de fornecedor do açaí especial, o que foi facilmente notado pelo operador responsável pelo processo. O mesmo declarou que o segundo fornecedor tinha um produto “mais ralo, como se tivesse mais diluído”. Não foi possível constatar esta diluição, pois os sólidos solúveis da matéria-prima estavam dentro dos padrões, porém, esta mudança, falta de padronização, pode influenciar no produto final;
- Em 50% dos casos, o xarope utilizado para fabricação do *sorbet* estava recém cozinhado, e foi utilizada a $37,2 \pm 0,4$ °C, o que causava um aumento da temperatura da calda do misturador encamisado. Nestes casos, a temperatura da calda no misturador atingia 13 °C, ao invés de 8 °C ou mais baixa, comprometendo a temperatura ideal do envase do *sorbet*, pois a sorveteira da indústria permite ajuste apenas da vazão do produto durante a passagem pelo trocador de calor. Sendo assim, a temperatura inicial da calda influencia na temperatura final do *sorbet*;
- Não havia colaborador responsável pelo direcionamento do *sorbet* de açaí ao túnel de congelamento em nenhum dos dias de processamento, ocasionando a espera do gelado comestível em uma temperatura ambiente de 20 °C por até três horas (final de envase de toda a calda).

Após envase em embalagens de potes de polietileno, os potes de *sorbet* de açaí foram dispostos em caixas plásticas. Durante a formação dessas torres (pilha de cinco caixas contendo 30 potes cada) a temperatura do *sorbet* de açaí de 290g foi aferida e o tempo para montagem destas torres foi cronometrado. A Tabela 5.6 apresenta os resultados deste acompanhamento.

Figura 5.7. Válvulas utilizadas para regulação do *sorbet* depois da passagem da calda pela sorveteira. 1: válvula libera o fluxo para envase, 2: válvula que encaminha o fluxo para reproprocessamento.



Fonte: Própria autora

Tabela 5.6. Monitoramento da temperatura do *sorbet* de açaí durante a formação das torres e cronometragem de tempo levado para montagem das mesmas

Torre de <i>sorbet</i> de açaí	Temperatura do termômetro central (°C)	Tempo de montagem da torre (min)
1 ^a	-2	00:06:16
2 ^a	-2	00:06:09
3 ^a	2,5	00:05:50
4 ^a	3,5	00:05:54
5 ^a	3,5	00:05:36

Fonte: Própria autora

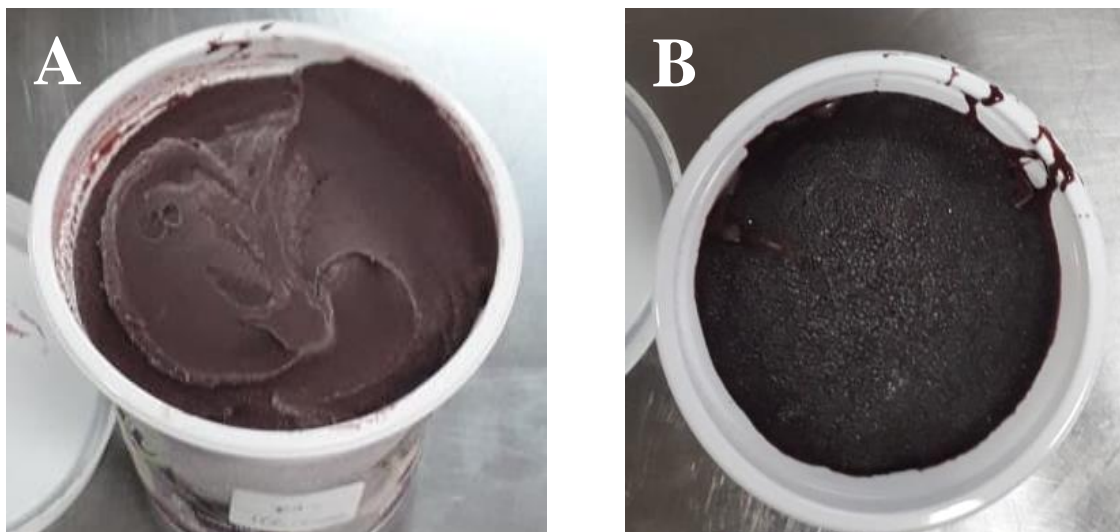
A produção de *sorbet* de açaí foi feita semanalmente. Pouco mais de 750 kg do produto foi fabricado em cada dia de produção. Isso resultada em aproximadamente 17 torres de volume de produção. Levando em consideração que se aguarda até o final da produção para envasar toda a calda, são mais de duas horas até que o produto, que deveria ser

imediatamente submetido a congelamento, seja direcionado ao congelamento ao túnel. Neste tempo, o *sorbet* já está completamente descongelado e perdeu características relacionadas à sua textura.

5.4.2. Trocador de calor de superfície raspada

Alguns testes foram realizados a fim de descobrir quais parâmetros de processo exerciam maior influência sobre a textura do *sorbet* de açaí. Um destes testes, realizados em escala piloto no LPCP, visou verificar a influência da passagem da calda do *sorbet* no trocador de calor para o alcance da temperatura de envase, a -4°C ou mais baixo. A Figura 5.8 representa o resultado destes experimentos, e pode-se verificar visivelmente a influência do equipamento na textura do produto. A amostra A, com passagem pela sorveteira em temperatura ideal apresenta maior cremosidade do que a amostra B, que não passou por este trocador de calor.

Figura 5.8. Influência no trocador de calor no aspecto do produto final. A: produto com passagem pela sorveteira a -4°C ou mais baixo. B: Produto sem passagem pela sorveteira, calda colocada no pote em temperatura ambiente



Fonte: Própria autora

Após verificação da influência do trocador de calor sobre a aparência do produto em escala piloto, foi solicitada a verificação das condições do equipamento da fábrica. O trocador de calor da indústria permite apenas a calibração da vazão da calda pelo equipamento, e mesmo com vazão mínima, permanecendo mais tempo em contato com o trocador, a calda não alcançava a temperatura ideal de envase, de -4°C ou mais baixa.

Em contato com o técnico responsável pelos equipamentos de refrigeração da própria fábrica, o mesmo constatou a necessidade de adicionar mais gás refrigerante. Esta constatação foi feita através da verificação da pressão, aferida na entrada e saída do cilindro de gás. Quando esta quantidade de gás é insuficiente para o sistema de refrigeração, por mais que a válvula expanda o fluido ao máximo, ele torna-se insuficiente para o funcionamento do equipamento de forma eficiente, pois a massa de fluido refrigerante não preenche todo o sistema de troca de calor. Esta quantidade de gás deve respeitar as especificações do equipamento e os parâmetros do processo, pois como o trocador de calor é sempre um equipamento inserido em uma unidade de processo, as pressões dos fluidos também dependem do restante do sistema (TADINI, 2016).

Após adição do gás refrigerante, a pressão de alta ou de entrada, anteriormente de 180 psi, foi para 215 psi. A de baixa foi de 10 psi para 16 psi, otimizando o funcionamento do trocador de calor. A pressão de entrada do fluido será sempre maior do que a de saída devido a perda de carga (atrito no escoamento). Esta pressão varia bastante de acordo com o equipamento e da válvula de expansão, mas devido à experiência do técnico com o equipamento, foi facilmente ajustada, em cerca de 20 minutos.

A partir dos ajustes realizados no trocador de calor, o *sorbet* passou a alcançar a temperatura de -4°C .

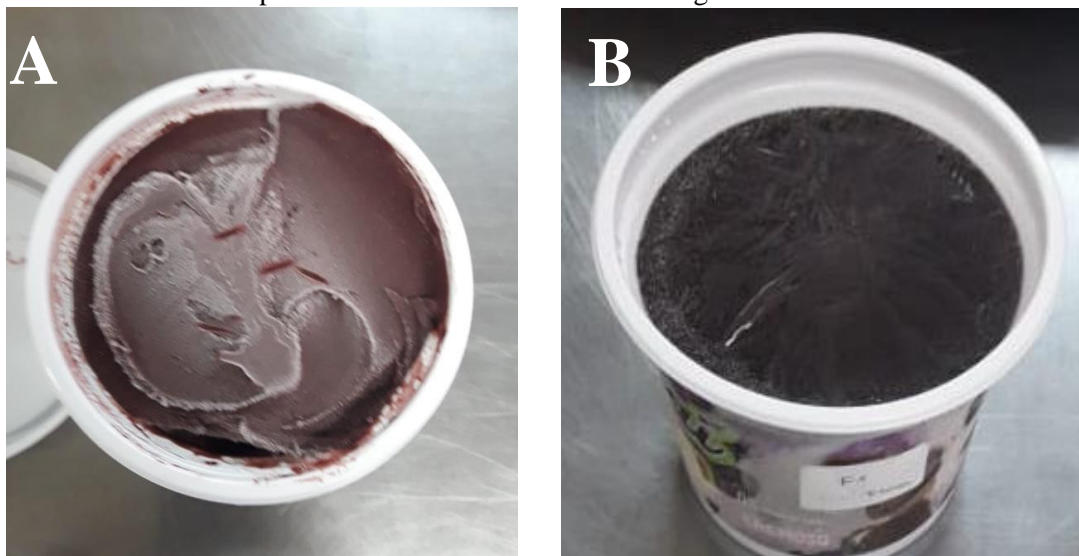
5.4.3. Ruptura do frio no *sorbet* de açaí

Outro parâmetro, verificado a partir de avaliação visual, foi a influência do tempo de espera do *sorbet* de açaí até ser armazenado corretamente, em túnel de congelamento a -18°C ou mais baixo. A Figura 5.9 apresenta o resultado.

De acordo com os experimentos de cinética de congelamento e descongelamento realizados, constatou-se que o *sorbet* de açaí de formulação da indústria congela a aproximadamente $-0,33^{\circ}\text{C}$. Este valor foi calculado a partir das equações baseadas na Lei de Raoult. Portanto, o *sorbet* envasado a temperatura -4°C ou mais baixa passa por um congelamento rápido e, ao aguardar até ser armazenado em túnel de congelamento, sofre descongelamento lento, a temperatura ambiente de 20°C (temperatura aferida em ambiente de produção), conforme Figura 5.10 que representa o monitoramento desta temperatura na ruptura do frio.

Este descongelamento lento liquefaz os pequenos cristais de gelo formados quando a calda passa pela sorveteira e, ao ser armazenado a temperatura de -18°C ou mais baixa, essa água descongelada liga-se aos núcleos remanescentes deste descongelamento, dando origem a grandes cristais de gelo, facilmente perceptíveis a olho nu.

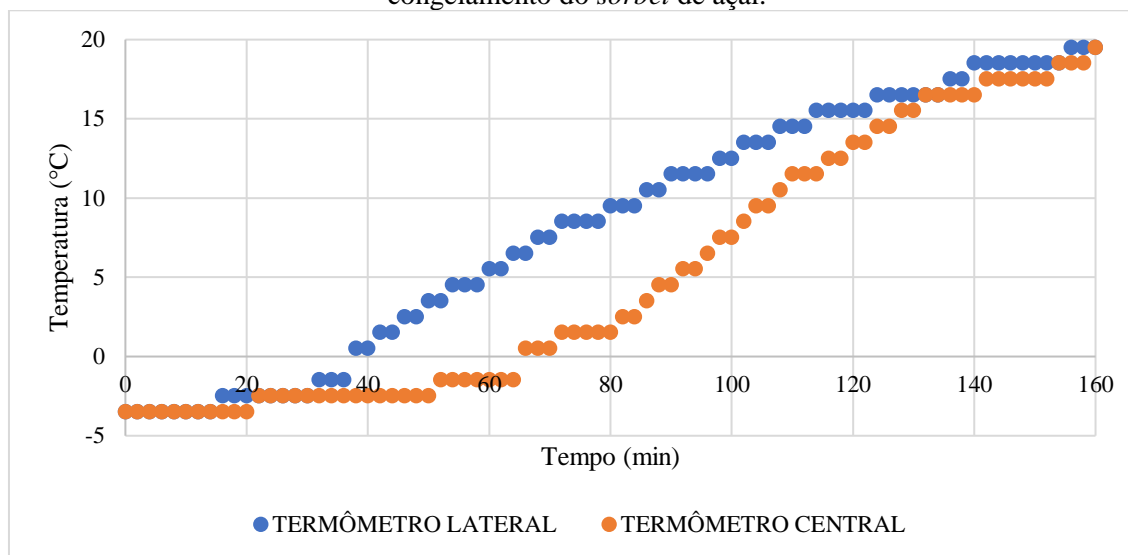
Figura 5.9: Influência no tempo de espera no aspecto visual das amostras. A: produto imediatamente acondicionado em túnel de congelamento, B: produto aguardou duas horas para ser armazenado em túnel de congelamento.



Fonte: Própria autora

A amostra C da Figura 5.9, levada ao freezer assim que o produto foi envasado em temperatura correta, a -4°C , apresenta maior cremosidade em sua aparência, enquanto a amostra D da mesma Figura 5.9, que aguardou cerca de duas horas para ser armazenada, apresenta grandes cristais de gelo.

Figura 5.10. Ruptura do frio durante a espera entre o envase e o armazenamento em túnel de congelamento do *sorbet* de açaí.



Fonte: Própria autora

5.4.4. *Headspace* e lacre de segurança da embalagem

Um terceiro parâmetro verificado foi o *headspace* e o lacre de segurança inserido na etapa de fabricação do produto. Na Figura 5.11, a amostra E foi envasada sem este lacre de segurança, a F com o lacre e o *headspace* diminuído em 50%, a G com o lacre e com a capacidade máxima de *sorbet*, ou seja, a embalagem completamente preenchida.

Figura 5.11. Influência do *headspace* no produto. A: produto com quantidade “normal” envasada, B: produto teve *headspace* reduzido pela metade, C: embalagem preenchida até a superfície.



Fonte: Própria autora

A chapa de ferro que sela o *sorbet* de açaí (Figura 5.12) atinge temperatura de aproximadamente 370 °C, porém só fica em contato com o produto por aproximadamente 1 segundo. Ainda assim, pela impressão que os clientes relatam de ter mais cristais de gelo na superfície do produto, considerou-se esta etapa como um item para verificação.

Observou-se que não houve grande diferença entre as amostras que tiveram seu *headspace* diminuído. Esta verificação foi feita visualmente e este parâmetro do processo foi descartado como forte influente para a formação dos grandes cristais de gelo. Um outro fator que levou ao descarte do aprofundamento deste quesito, foi o fato de estimar-se que o lacre de segurança, como o próprio nome sugere, passa uma ideia de maior segurança alimentar ao produto, não sendo interessante a retirada deste componente do produto final, conforme relatado pela responsável técnica da indústria.

Aumentar a quantidade do produto na embalagem também não seria de grande interesse para indústria, pois o mesmo estaria acondicionando uma maior quantidade do que o informado na embalagem, ocasionando na perda de rendimento.

Figura 5.12. Máquina Imaaj de envase do *sorbet* de açaí, acoplada de uma chapa para selagem do produto final.

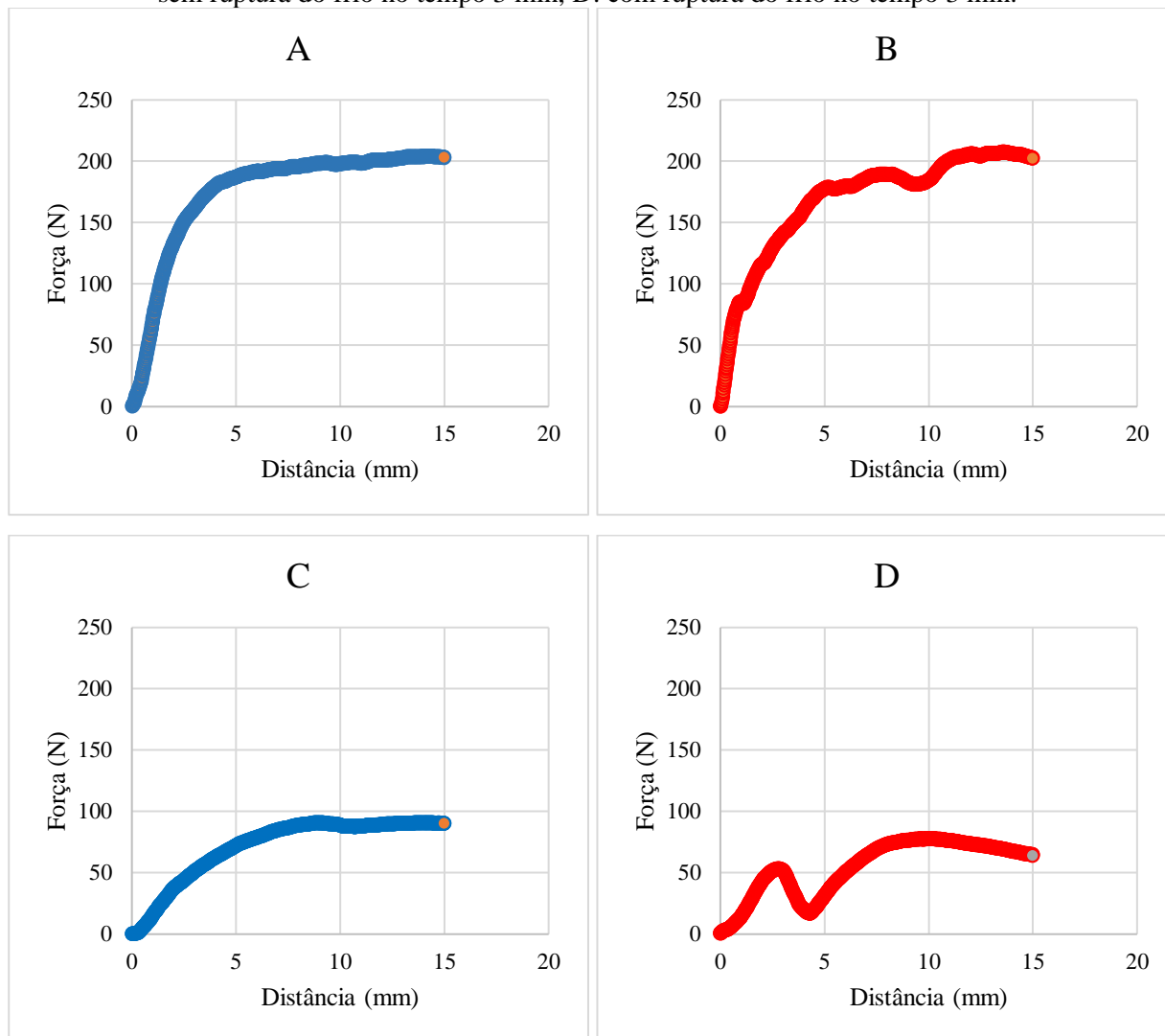


Fonte: Própria autora

5.5. TEXTURA

A Figura 5.13 apresenta o perfil de variação de força de penetração de um cilindro (*probe* TA44) versus a distância percorrida em amostras de *sorbet* de açaí que passaram ou não por ruptura da cadeia do frio.

Figura 5.13. Comportamento de gráficos de textura em ensaios de compressão em amostras com e sem ruptura do frio. A: sem ruptura do frio no tempo 0 min, B: com ruptura do frio no tempo 0 min, C: sem ruptura do frio no tempo 3 min, D: com ruptura do frio no tempo 3 min.



Fonte: Própria autora

Nos ensaios de textura realizados, o comportamento dos gráficos apresenta grande diferença entre as amostras com ruptura do frio e sem ruptura do frio. Este comportamento pode estar atrelado a formação dos grandes cristais de gelo, visivelmente percebidos nas amostras com cadeia do frio interrompida (Figura 5.9), enquanto os gráficos das amostras que tiveram sua cadeia de frio ininterrupta apresentam maior suavidade em seu percurso. Pode-se, então, associar este comportamento mais suave à estrutura mais homogênea formada, devido a presença de cristais de gelo menores e em maior quantidade.

Vieira et al (2015) obtiveram excelentes resultados de homogeneidade e maciez de suas amostras de *sorbets* submetidos a congelamento ultrarrápido em comparação com

congelamento lento e relacionaram a formação de menores cristais de gelo com a aceitação por parte do consumidor.

5.5.1. *Yield point*

Valores maiores de *Yield point* são observados em alimentos que precisam de mais energia para o rompimento de sua estrutura, conforme discutido por Sharma (2016).

Tabela 5.7. Resultados do *Yield point*. Amostras iniciadas em SRUP não sofreram ruptura do frio, as iniciadas em CRUP sofreram esta ruptura.

Experimentos	<i>Yield point</i>	Temperatura (°C)
SRUP-t00	83,02 ± 4,0828 ^a	-17,70 ± 0,2828
SRUP-t03	25,34 ± 4,1847 ^f	-13,05 ± 1,2020
SRUP-t06	30,98 ± 5,2305 ^{b,c}	-13,55 ± 0,3535
SRUP-t09	19,88 ± 7,3285 ^{f,g}	-11,65 ± 1,2020
SRUP-t12	17,43 ± 1,2650 ^{e,f}	-10,80 ± 0,8485
SRUP-t15	22,03 ± 1,8109 ^{f,g}	-10,10 ± 1,1313
SRUP-t18	9,88 ± 0,2937 ^{g,h}	-9,40 ± 0,4242
SRUP-t21	2,39 ± 1,5604 ^h	-8,05 ± 0,4949
CRUP-t00	83,69 ± 5,0247 ^{b,c}	-17,05 ± 0,7778
CRUP-t03	34,06 ± 5,6335 ^{d,e}	-13,75 ± 0,0707
CRUP-t06	67,40 ± 7,0767 ^{a,b}	-13,55 ± 1,2021
CRUP-t09	43,13 ± 3,7491 ^{c,d}	-11,71 ± 0,5444
CRUP-t12	32,58 ± 0,7184 ^d	-10,65 ± 0,7778
CRUP-t15	17,57 ± 1,8038 ^{f,g}	-10,05 ± 0,6364
CRUP-t18	12,27 ± 3,7460 ^h	-9,03 ± 0,4243
CRUP-t21	5,82 ± 0,6398 ^{g,h}	-7,66 ± 0,6364

Teste de Duncan. Letras iguais na mesma coluna não diferenciam significativamente ao nível de 5% de significância.

Fonte: Própria autora

Em seu trabalho, Sharma discorre ainda sobre a relação entre o ponto de ruptura e a densidade do alimento. Isso leva a crer que esta ruptura na cadeia do frio está diretamente relacionada também a perda do *overrun* inicial do *sorbet* e, conseqüentemente, o aumento de sua densidade. A partir do momento em que este *overrun* é perdido, o gelado comestível torna-se mais firme, resistente e denso. Os resultados de densidade (Tabela 5.8) não mostraram diferença significativa ($p > 0,05$), apesar de evidenciarem que o valor da densidade do produto sem ruptura da cadeia do frio é menor do que o produto com a ruptura desta cadeia do frio.

Tabela 5.8. Densidade do *sorbet* de açaí sem passagem pela ruptura do frio e com passagem pela ruptura do frio.

Amostras	Densidade (g.m ³ ⁻¹)
SRUP	0,76 ± 0,01
CRUP	0,87 ± 0,08

Fonte: Própria autora

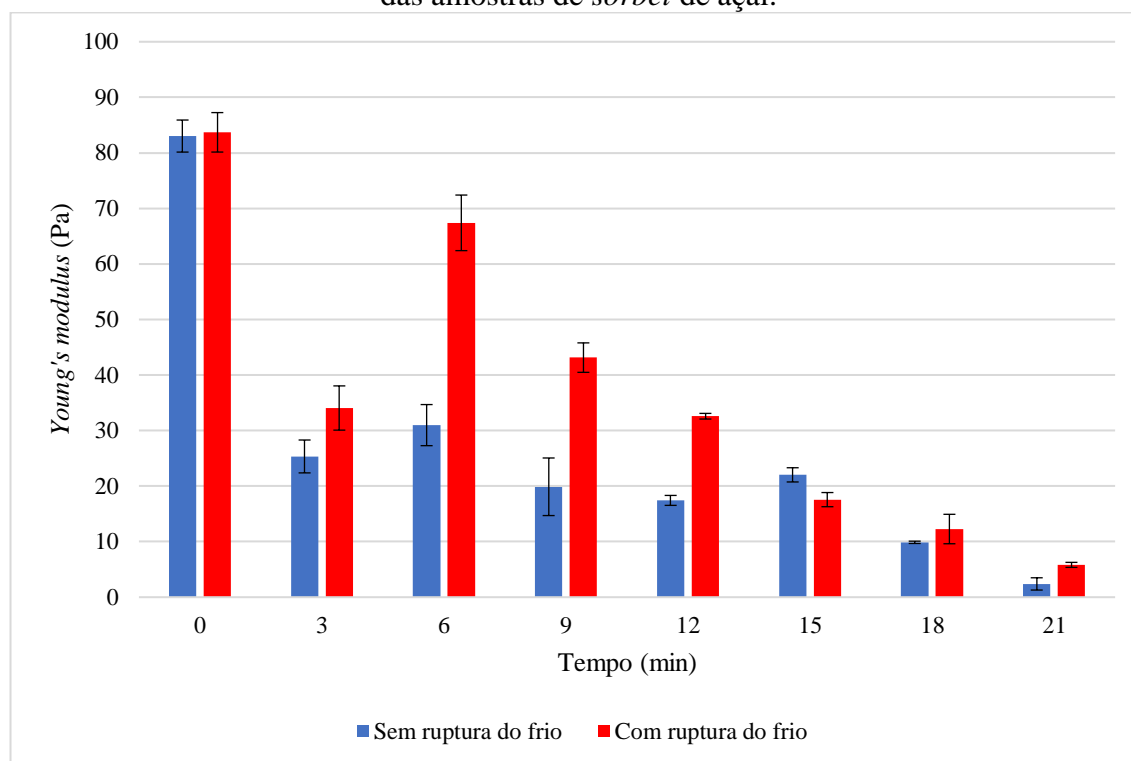
O Yield point apresentou diferença significativa apenas entre os minutos 3 e 12. As irregularidades das amostras podem ter influenciado no erro, e comprometido a análise dos dados. Apesar deste alto desvio padrão, é possível verificar-se um valor escalar maior do *Yield point* na maioria das amostras com ruptura da cadeia do frio em relação às amostras sem esta ruptura. A temperatura da amostra também está atrelada a este ponto de ruptura. Quanto menor a temperatura da amostra, maior é seu *Yield point*, com exceção do tempo 03, onde acontece uma leve diminuição deste parâmetro e, depois, sua sucessiva diminuição.

5.5.2. *Young's modulus*

Lavergne (2016) realizou testes de textura em diferentes géis de emulsão e comparou o Young's módulo com parâmetros de firmeza de suas amostras em seu trabalho, explorando a relação direta entre estes parâmetros instrumentais e os sensoriais. Quanto maior o *Young's modulus*, maior foi a firmeza percebida sensorialmente em suas amostras.

Os tempos de espera das amostras após serem retiradas do freezer de 6, 9 e 12 minutos apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras que tiveram ruptura do frio e as que não tiveram ruptura do frio (Figura 5.14). Este resultado leva a crer que, antes de 6 min após serem retirados do freezer e serem submetidos a descongelamento em temperatura ambiente (aproximadamente 22°C), todas as amostras (com ou sem ruptura do frio) apresentam alta firmeza, e depois dos 12 minutos desta espera, as estruturas já não apresentam resistência à compressão, ou seja, estão muito amolecidas. Fatalmente, os defeitos relatados pelos consumidores, de dureza e cristalização, estão diretamente relacionados à ruptura do frio pela qual o produto passa. Mais uma vez, há uma forte influência da formação dos grandes cristais de gelo, tanto na textura como na firmeza do produto.

Figura 5.14. *Young's modulus* resultante dos gráficos de textura em testes de compressão das amostras de *sorbet* de açaí.



Fonte: Própria autora

A adição da informação ao consumidor de não recongelar o produto também se revela importante, pois, em alguns casos, tem-se o hábito de não consumir todo o produto de uma vez e recongelá-lo para consumo posterior, contribuindo para a ruptura desta cadeia de frio e a formação da textura indesejável.

Aconselha-se que a empresa parceira do estudo adicione a informação ao rótulo do produto, como verificou-se em algumas marcas de *sorbet* comercializadas na grande João Pessoa, de acordo com pesquisa de produtos similares comercializados na grande João Pessoa. Estas orientações ao consumidor são muito comuns em embalagens de gelados comestíveis.

6. CONCLUSÃO

Com o estudo desenvolvido, foi possível constatar a necessidade de uma pesquisa mais aprofundada relacionada ao desenvolvimento e melhoria de produtos antes de quaisquer sugestões de alteração nos processos e/ou formulações dos mesmos, pois, a princípio, acreditava-se que a mudança nas ligas utilizadas seria a solução para o melhoramento na textura do produto. A formulação do *sorbet* de açaí, que, a princípio, foi identificado como problema, apresentou excelência nos resultados em comparação com outras formulações testadas em planta piloto.

A composição dos *sorbets* comercializados na grande João Pessoa é similar à utilizada pela indústria, tanto em relação aos ingredientes como às suas proporções. Os ingredientes não apresentaram influência significativa em relação à temperatura inicial de congelamento, velocidade da frente de congelamento e descongelamento, cinética de congelamento e descongelamento e fração mássica de gelo das amostras testadas.

Ajustes no trocador de calor otimizaram o processamento do *sorbet* de açaí, proporcionando o alcance da temperatura ideal de envase e, conseqüentemente, a formação de pequenos cristais de gelo. A manutenção preventiva de equipamentos que fazem parte do processamento e transformação de produtos em escala industrial é um dos aspectos diagnosticados como importante ponto de melhoria no processamento do *sorbet* por parte da indústria.

A ruptura da cadeia de frio durante o processamento mostrou-se como a principal causa para formação de grandes cristais de gelo e a textura “cristalizada” e “dura” relatada pelo consumidor final. Os resultados de textura obtidos evidenciaram que há diferença significativa entre o produto que passa por uma ruptura em sua cadeia de frio, relacionado ao produto que tem essa cadeia ininterrupta, sendo o primeiro significativamente mais firme do que o segundo, mesmo após um tempo de descongelamento.

Devido alteração na textura que o *sorbet* sofre após descongelamento em relação a diminuição da firmeza de sua estrutura, sugere-se que seja adicionada ao rótulo, para uma melhor experiência de consumo, a informação “consumir após 15 minutos depois de tirado do congelador. Não recongelar.”

Sendo assim, para alcançar melhor qualidade do produto em questão, a causa da cadeia de frio ininterrupta precisa ser abraçada pela indústria parceira de gelado comestível.

REFERÊNCIAS

ADAPA, S.; SCHMIDT, K. A.; JEON, I. J.; HERALD, T. J.; FLORES, R. A. Mechanisms of ice crystallization and recrystallization in ice cream: a review, *Food Reviews International*, 16:3, 259-271, DOI: 10.1081/FRI-100100289.

ALMEIDA, A.; FERREIRA, M. A. C.; BARBOSA, T. A.; SIQUEIRA, A P. S.; SOUZA, E. R. B.; Elaboração e avaliação sensorial de sorvete diet e sem lactose de manga endêmica do Cerrado. p. 38–41, 2016.

AZEREDO, D. R. P.; MELLO, A. A.; BARBOSA, L. M. G.; JUSUS, M. C.; AZEVEDO, P. H.; MATTOS, R. M. C. M.; PAULA, V L.; MELEIRO, C. H. A. Elaboração de calda para sorvetes, a partir da polpa de açaí com propriedades funcionais, *Revista ACTA Tecnológica - Revista Científica - ISSN 1982-422X*, Vol. 6, número 2, jul-dez. 2011.

BALTHAZAR, C. F.; SILVA, H. I. A.; CAVALCANTI, R. N.; ESMERINO, E. A.; CAPPATO, I. P.; ABUD, Y. K. D.; MORAES, J.; ANDRADE, M. M.; FREITAS, M. Q.; SANT'ANNA, C.; RAICES, R. S. L.; SILVA, M. C.; CRUZ, A. G. Prebiotics addition in sheep milk ice cream: A rheological microstructural and sensory study, *Journal of Function Food*, vol 35, 564-573, 2017.

BARBOSA, L. S.; FERNÁNDEZ M. X. V.; Elaboração de sorvetes com ingredientes orgânicos, *Estudos, Goiânia*, v. 36, n. 5/6, p. 897-907, maio/jun, 2009.

BLASIAK, P.; PIETROWICZ, S.; Toward a better understanding of 2D thermal-flow processes in a scraped surface heat exchanger, *International Journal of Mass Transfer* 98, p. 240-256, 2016.

BOURNE, M. *Food Texture and Viscosity*, 2ª Edição, Editora, eBook ISBN: 9780080491332, Editora Academic Press, Nova York, Estados Unidos, 2002.

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, Resolução nº 387, de 05 de agosto de 1999, D.O.U. - Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 09 de agosto de 1999.

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA, site, Disponível em http://portal.anvisa.gov.br/resultado-de-busca?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_assetEntryId=2868124&_101_type=content&_101_groupId=219201&_101_urlTitle=xarope-de-milho&inheritRedirect=true, às 20:33h em 10/07/2018

BRASIL, Conselho Nacional de Saúde, Resolução CNS/MS n.º 04, de 24 de novembro de 1988, Publicada D.O.U – Seção I – 19.12.88.

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, Instrução Normativa nº 16, de 11 de junho de 2004, Anexo II, Diário Oficial da União, Seção 1, Página 4, 14 de junho de 2004.

BRASIL, Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 540, SVS/MS, de 27 de outubro de 1997, D.O.U. - Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 28 de outubro de 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 266 de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico para Gelados Comestíveis e Preparados para Gelados Comestíveis, Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2005.

CHENG, J.; MA, Y.; LI, X.; YAN, T.; CUI, J. Effects of milk protein-polysaccharide interactions on the stability of ice cream mix model systems, Food Hydrocolloids, vol 45, p. 327-336, 2015.

CRESPÍ-LLORENS, D.; VICENTE, P.; VIEDMA, A. Flow pattern of non-Newtonian fluids in reciprocating scraped surface heat exchangers, Experimental Thermal and Fluid Science (2016), doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.expthermflusci.2016.03.002>

DÁVILA, L. S. M.; Avaliação do congelamento de solução modelo por condutividade térmica, Dissertação, Programa de Pós-Graduação: Programa em Engenharia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, 2007.

EIKI, G.; HANAI, L. N.; PIRES, L.; EKUNO, M. M.; MADRONA, G. S. Aceitação sensorial de sorvete a base de vegetais, Revista GEINTEC, Vol. 5, n. 4, p.2569-2578, 2015

FENNEMA, O. R.; DAMODARAM, S.; PARKIN, K. L. P.; Química de Alimentos, Editora ARTMED, 4ª Edição, 2010.

FERNANDES, T. N.; RESENTE, J. V.; CRUVINEL, R. S. R.; RENO, M. J.; Relação entre o comportamento reológico e a dinâmica de congelamento e descongelamento de polpa de morango adicionada de sacarose e pectina, Ciência e tecnologia de Alimentos, Campinas, 30(1), p. 188-204, jan-mar, 2010.

FERREIRA, R. T. B.; BRANQUINHO, M. R.; LEITE, P. C. Transmissão oral da doença de Chagas pelo consumo de açaí: um desafio para a Vigilância Sanitária, Vig Sanit Debate; 2(04):4-11 Disponível em: <http://www.visaemdebate.incqs.fiocruz.br/>, 2014.

FILHO, W. G. V.; Bebidas não alcoólicas, Editora, Blucher, 2ª edição, 2010.

FRIGHETTO, C. L.; Elaboração de sorvete a base de nêspera (*Eriobotrya japonica*), TCC, Universidade Federal Da Fronteira Sul, Campus Laranjeiras Do Sul, Curso De Engenharia De Alimentos, 2017.

GOMES, L. D. B. C.; ALMEIDA, E. M.; OLIVEIRA, S. N. Obtenção e caracterização de acerola em pó pelo método foam mat, Revista brasileira de agrotecnologia, ISSN: 2317-3114, v. 7, n. 2, p. 172 – 177, 2017.

GRATÃO, A. C. A.; BERTO, M. I.; JÚNIOR, V. S.; Reologia do açúcar líquido invertido: influência da temperatura na viscosidade, Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 24(4): 652-656, out.-dez. 2004.

GUIMARÃES, D. H.; SUMERE, J. S.; Correlações das propriedades reológicas e sensoriais da calda de sorvete soft elaborado a partir do extrato da soja com leite de cabra, Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia, v.5, n.2, mai/ago, Print-ISSN 1983-6325, (On line) e-ISSN 1984-7548, 2012.

GUIMARÃES, L. C.; SILVA, H. C. G.; MELO, F. R. G.; OLVEIRA, H.; BOTREL, M. O.; ESOPINDOLA, F. Estudo prospectivo de produtos e processos tecnológicos com o açaí (*Euterpe oleracea*), Cad. Prospec., Salvador, v. 10, n. 2, p.215-225, abr./jun. 2017.

HANSSON, A.; ANDERSSON, J.; LEUFVÉN, A. The effects of sugar and pectin on flavour release from a soft drink-related model system. Food Chemistry, v. 72, p. 363-368, 2001.

HIPÓLITO, C. et al. The effect of fruit cultivar/origin and storage time on *sorbets* quality. LWT - Food Science and Technology, v. 68, n. x, p. 462–469, 2016.

INSTITUTO ADOLF LUTZ, Normas Analíticas do Instituto Adolf Lutz, Métodos físico-químicos para análises de alimentos. 4ª ed. (1ª Edição digital), 2008.

JESUS, A. L. T.; LEITE, T. S.; CRISTIANINI, M.; High isostatic pressure and thermal processing of açaí fruit (*Euterpe oleracea* Martius): Effect on pulp color and inactivation of peroxidase and polyphenol oxidase, Food Research International, 105, 853-862. doi:10.1016/j.foodres.2017.12.013, 2017.

JÚNIOR, J. C. L.; JÚNIOR, H. X. S.; JÚNIOR, A. C. O. M.; Possibilidade de automação para indústria de sorvete predominantemente manual, XIV CEEL – ISSN 2178-8308, Minas Gerais, 2016.

K.L.K. Cook and R.W. Hartel, Mechanisms of Ice Crystallization in Ice Cream Production, Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety, Vol. 9, p. 213-222, 2010.

KASPRZYK, I.; MARKOWSKA, J.; POLAK, E.; Effect of microbial transglutaminase on ice cream heat resistance properties – a short report, Pol. J. Food Nutr. Sci., Vol. 66, No. 3, pp. 227–231 DOI: [10.1515/pjfn-2015-0037](https://doi.org/10.1515/pjfn-2015-0037) <http://journal.pan.olsztyn.pl>, 2016.

KASSADA, A. T.; CAMPOS, B. E.; BRANCO, G. C. S.; FIOROTO, P. O.; MADRONA, G. S. *Sorbet* a base de caldo de cana saborizado artificialmente, Revista GEINTEC, Vol. 5, n. 1, p.1716-1725, 2015.

KONTOGIORGOS, V. Galactomannans(Guar,LocustBean,Fenugreek,Tara), Encyclopedia of Food Chemistry, 2017, disponível em <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814026-0.21589-8>.

LOBO, A. C. M; VELASQUE, L. F. L. Revisão de literatura sobre os efeitos terapêuticos do açaí e sua importância na alimentação, Revista Biossaúde, v. 18, n. 2, 2016.

MACHADO, S. S.; Tecnologia da Fabricação do Açúcar, e-Tec Brasil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Inhumas, Goiás, 2012.

MACIEL, M. I. S.; MELO, E. A.; LIMA, W. S.; MARANHÃO, C. M. C.; SOUZA, K. A.; Características sensoriais e físico-químicas de geleias mistas de manga e acerola, B.CEPPA,

Curitiba, v. 27, n. 2, p. 247-256, jul./dez. 2009.

MACIEL, P. S. F.; FERREIRA, A. V.; SILVA, R. C. A.; MELO, C. M. R. F.; UCHÔA, S. B. B. Monitoramento tecnológico sobre a utilização do açaí na indústria de alimentos, Cad. Prospec., Salvador, v. 11, n. 1, p. 103-113, jan./mar.2018.

MAGALHÃES, P. J.; BROIETTI, F. C. D.; Gestão de Qualidade na Elaboração de Sorvetes, UNOPAR Cient. Exatas Tecnol., Londrina, v. 9, n. 1, p. 53-60, novembro. 2010.

MANGOLIM, C. S.; FENELON, V. C.; NOCE, A. S.; WESSEL, K.; SILVA, T. T.; SANTOS, V. M. F.; MATIOLI, Características reológicas e força do gel de curdlana produzida por *Agrobacterium* sp. IFO 13140, V Simpósio de Bioquímica e Biotecnologia, Londrina-PR, 2015.

MARIAN, L.; CHRYSOCHOU, P.; KRYSTALLIS A.; THOGERSEN, J.; The role of price as a product attribute in the organic food context: An exploration based on actual purchase data; doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.05.001>, 2014.

MARQUES, L. C. O. A.; ANTUNES, J. A. P.; GAMA, L. L. A.; Desenvolvimento de um sorvete de chocolate com potencial funcional: caracterização físico-química e microbiológica, Revista eletrônica e-Scientia, Vol. 10, n. 2, p. 18-30, 2017. Editora UniBH Disponível em: www.unibh.br/revistas/escentia/, 2017.

MARTINOT, J. F. M.; PEREIRA, H. S.; PEDROZA, S. C. Coletar ou cultivar: as escolhas dos produtores de açaí-da-mata (*Euterpe precatoria*) do Amazonas, Revista de Economia e Sociologia Rural, Vol. 55, p. 751-766, 2017.

MARTINS, M. S.; uso de corantes artificiais em alimentos: legislação brasileira. Instituto Adolfo Lutz - Centro de Alimentos - Núcleo de Química, Física e Sensorial, disponível em http://aditivosingredientes.com.br/upload_arquivos/201604/2016040360969001461681111.pdf, às 14:53h, em 04 de novembro de 2018.

MCGHEE, C. E.; JONES, J. O.; PARK, Y. W.; Evaluation of textural and sensory characteristics os three types of low-fat goat milk ice cream, Small Ruminant Res., disponível em <http://dx.doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.12.002>, 2014.

MOSKOWITZ, H. R.; Food Texture – Instrumental and Sensority Measurement, eBook ISBN 9781351447508, 1ª Edição, 2017.

NDOYE, F. T.; HERNANDEZ-PARRA, H.; BENKHELIFA, H.; ALVAREZ, G.; FLICK, D.; Influence of operating conditions orn residence time distributions in a scraped surface heat exchanger during aerated *sorbet* production, Journal of Food Engineering 222, p. 126-138, 2018.

OLIVEIRA, A. G.; COSTA, M. C. D.; ROCHA, S. M. B. M. Benefícios funcionais do açaí na prevenção das doenças cardiovasculares, Journal of Amazon Health Science, Vol. 1, n. 1, p., 2015.

OLIVEIRA, E. N. A.; SANTOS, D. C.; ROCHA, A. P. T.; GOMES, J. P. Perfil microbiológico e sensorial de geleias convencionais de umbu-cajá, *Com. Sci., Bom Jesus*, v.6, n.2, p.250-254, Abr./Jun. 2015.

OLIVEIRA, K. H.; SOUZA, J. A. R.; MONTEIRO, A. R. Caracterização reológica de sorvetes, *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 28(3), p. 592-598, jul-set, 2008.

PASSOS, A. A. C.; SÁ, D. M. T.; MORAIS, G. M. D.; CHACON, S. S.; BRAGA, R. C. Avaliação da incorporação de galactomanana de *Caesalpinia pulcherrima* em sorvetes e comparação com estabilizantes comerciais, *Revista Ciência Agronômica*, v. 47, n. 2, p. 275-282, abr-jun, 2016.

PINTO, M. F.; PONSANO, E. H. G.; ALMEIDA, A. P. S.; espessura da lâmina de cisalhamento na avaliação instrumental da textura da carne, 2010.

PODADERA, P.; Estudo das propriedades do açúcar líquido invertido processado com radiação gama e feixe de elétrons, Tese, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Autarquia Associada à Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

POLPA IDEAL, Relatório de Vendas de junho de 2018, João Pessoa, 2018.

PORTO, O. L. Uma importante etapa na produção perfeita do sorvete: homogeneização. *Sorveteria Bras.*, v. 122, p. 37-38, 1998.

RANGEL, J. P. G.; PIRES, K. C. S V.; SANTOS, I. C. C.; PEREIRA, W. L.; SOUZA, A N.; FERREIRA, F. P.; Aditivos alimentares: acidulantes, *Revista de Trabalhos Acadêmicos, Universo Campos dos Goytacazes*, Número 6 – Volume 2/2016.

RENHE, R. T.; WEISBERG, E.; PEREIRA, D. B. C. Indústria de gelados comestíveis no Brasil, *Revista Informe Agropecuário*, v.36, n. 284, p.81-86, 2015.

RODRIGUES, A. E. N.; DELVAZ, C.; CHINELATE, G. C. B.; RIBEIRO, D. S.; Elaboração e caracterização de sorvete sabor chocolate utilizando farinha de banana verde como substituto de gordura, *Revista Brasileira de Agrotecnologia*, v. 7, n. 2, p. 309 – 315, 2017.

RODRIGUES, M. V. N.; RODRIGUES, R. A.; SERRA, G. E.; ANDRIETTA, S. A.; FRANCO, T. T.; Produção de xarope de açúcar invertido obtido por hidrólise heterogênea, através de planejamento experimental, 2000 Disponível em http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/veiculos_de_comunicacao/CTA/VOL20N1/VOL20N1_19.PDF em 19/06/2018 às 15h35min.

ROSSA, P. N.; Influência da enzima transglutaminase nas propriedades funcionais de sorvetes com diferentes teores de gordura, Dissertação, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2010.

SACRAMENTO, J. M. C.; KALSING, J. M. C.; SCHULTZ, G. Açaí no Norte e juçara no Sul: A necessidade do estudo de cadeias de produtos, *Cadernos de Agroecologia – ISSN 2236-7934 – Vol 10, Nº 3 de 2015.*

SANTOS, C. A.; MING, C. C.; GONVALVES, L. A. G. Emulsificantes: atuação como

modificadores do processo de cristalização de gorduras, *Ciência Rural*, v.44, n.3, mar, 2014.

SANTOS, M. H. R.; influência das ferramentas de gestão na melhoria da qualidade de gelados comestíveis, Dissertação de Mestrado, Ponta Grossa – PA, disponível em <http://riut.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/1488>, 2014.

SANTOS, V. R. C.; MEIS, J.; SAVINO, W.; ANDRADE, J. A. A.; VIEIRA, J. R. S.; COURA, J. R.; JUNQUEIRA, A. C. V.; Acute Chagas disease in the state of Pará, Amazon Region: is it increasing?, doi: 10.1590/0074-02760170298, *Mem Inst Oswaldo Cruz*, Rio de Janeiro, Vol. 113(5): e170298, 2018.

SCHNEIDER, D.; DEWES, D. C.; KORBES, J.; MENDES, C. E.; PILETTI, R. Desenvolvimento e aceitabilidade de um gelado vegano de Amendoim com paçoca, *Rev. Ciências agroveterinárias e alimentos*, nº2, 2017.

SHARMA, M.; KRISTO, E.; CORREDIG, M.; DUIZER, L.; Effect of hydrocolloid type on texture of pureed carrots: Rheological and sensory measures, *Food Hydrocolloids*, v. 63, p. 478-487, 2016.

SILVA, A. K. N.; BECKMAN, J. C.; CRUZ, A. M. C.; SILVA, L. H. M.; Avaliação da composição nutricional e capacidade antioxidante de compostos bioativos da polpa de açaí, *Revista brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, Ponta Grossa, v. 11, n. 1: p. 2205-2216, jan./jun. 2017.

SILVA, B. L. L. D.; SILVA, A. J.; COSTA, B. S.; ROJAS, E. E G.; Efeito da temperatura e concentração nas propriedades termofísicas de soluções aquosas contendo pectina e carboximetilcelulose, disponível em <https://www.researchgate.net/publication/270821796>, doi: [10.13140/2.1.1482.0165](https://doi.org/10.13140/2.1.1482.0165), Universidade Federal de Fluminense, 2014.

SILVA, C. S. A. Desidratação de molho de tomate caseiro pelo método foam- mat, TCC, Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia Do Rio Grande Do Norte, Currais Novos, 2015.

SILVA, F. A.; JUNIOR, A. M.; Perfil de Textura de Amêndoas de Noz Macadâmia (*Macadamia integrifolia*) Secas com Aplicação de Energia de Microondas e Ar Quente, 2006.

SILVA, R. R.; ASSUMPÇÃO, M.; FERNANDES, P. M.; FELICIANO, T. A.; VIEIRA, C. R.; LOMEU, F. L. R. O. Efeito da utilização de gomas na viscosidade e nas características sensoriais de shake à base de farinha de banana verde, *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, v. 21, e2016052, 2018.

SOARES, A. B.; JUNIOR, A. L. B. S.; PINHEIRO, J. G. S.; LOPES, J. S.; SOUZA, D. S. M. Como fica os hábitos alimentares do consumo de açaí após a infecção aguda por *Trypanosoma cruzi*? Anais do IV Congresso de Educação em Saúde da Amazônia (COESA), 2015.

SOARES, L. S.; Avaliação do potencial do quitosano como estabilizante de emulsões alimentares ácidas, Dissertação, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, Brasil, 2015.

SOUZA, E. S.; SILVA, D. B.; Identificação de Problemas na Linha de Produção de uma Indústria de Sorvetes de Campo Grande/MS, 8º ECAECO, disponível em <http://anaisonline.uems.br/index.php/ecaeco/article/view/3190>, outubro, 2016.

SOUZA, J. C. B.; COSTA, M. R.; RENSIS, C. M. V. B. D.; SIVIERI, K. Sorvete: composição, processamento e viabilidade da adição de probiótico, Alim. Nutr. , Araraquara v.21, n.1, p. 155-165, jan./mar. 2010.

SOUZA, S. E.; SILVA, D. B. Identificação de Problemas na Linha de Produção de uma Indústria de Sorvetes de Campo Grande/MS, 8º ECAEGO, outubro, 2016.

TADINI, C. C.; TELIS, V. R. N.; MEIRELLES, A. J. A.; FILHO, P. A. P.; Operações Unitárias na Indústria de Alimentos, 1ª Edição, Volume 1, Editora LTC, Rio de Janeiro, 2016.

TAVARES, G. S.; HOMMA, A. K. O. Comercialização do açaí no estado do Pará: alguns comentários, Separata de: Revista Eumednet, 2015.

TORRES, T.; FARAH, A. Coffee, maté, açaí and beans are the main contributors to the antioxidant capacity of Brazilian's diet, European Journal of Nutrition, Vol. 56, p.1523–1533, 2017.

VALDUGA, A T.; BATTESTIN, V.; FINZER, J. R. D.; Secagem de extratos de erva-mate em secador por atomização, Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, 23(2): 184:189, mai-ago, 2003.

VIREIRA, A. C. A.; BERY, C. C. S.; VIEIRA, N. A.; SILVA, D. P.; CASTRO, A. A.; estudo dos parâmetros físico-químicos e sensoriais de Sorvete de acerola (*malpighia glabra* l.) Submetido ao congelamento rápido (- 80°C) e lento (- 18°C), VII Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe, ISSN 2447-0635 | www.simprod.ufs.br, disponível em <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/7779/2/EstudoSorveteAcerolaCongelamento.pdf>, às 17h20min de 23/10/2018, 2015.

WROBEL, A. M.; TEIXEIRA, E. C. O., Elaboração e avaliação sensorial de um sorvete de chocolate com adição de biomassa de banana verde (*Musa spp*), TCC, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.


WU, Y.; DING, W.; HE, Q. The Gelation Properties of Tara Gum Blended with κ-Carrageenan or Xanthan, (2017), doi: 10.1016/j.foodhyd. Food Hydrocolloids 2017.11.018

WU, Y.; DING, W.; JIA, L.; HE, Q. The rheological properties os tara gum (*Caesalpinia spinosa*), Food Chemistry, vol 168, p. 366-371, 2015.

ZEITHAML, V. A.; Consumer perceptions of price, quality, and value: a means-end model and synthesis of evidence, Journal of Marketing, Vol. 52, No. 3 (Jul., 1988), pp. 2-22, 1988.

[illegible]

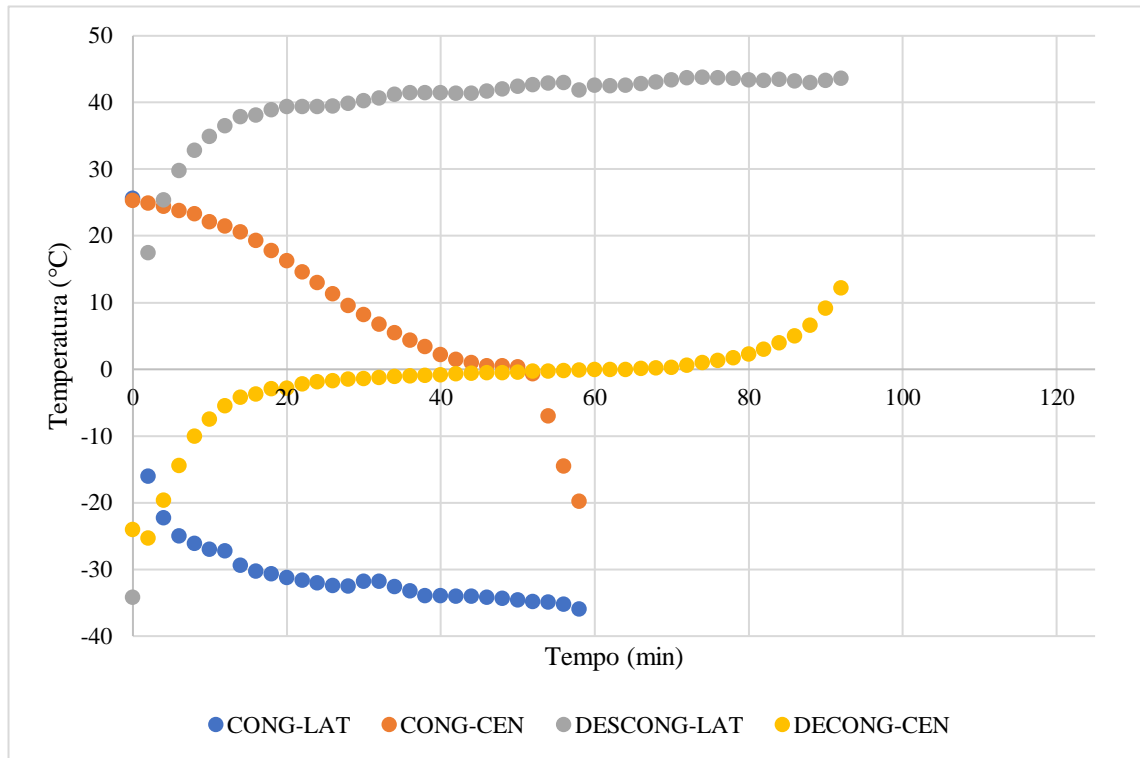
Apêndice B – Formulário para acompanhamento do processamento do *sorbet* de açaí

			Processamento – Mix de Açaí – Polpa Ideal			Emitido em 11/07/2018 Revisão 01 em 24/07/2018	
Data: ____ / ____ / ____			Horário de início: ____				
Etapa/Ingrediente	Temperatura (°C)			Problemas enfrentados ao longo do processo			
Açaí							
Xarope*							
Glicose							
Água							
Emulstab							
Pós**							
Banana							
Corante							
<u>Língua Neutra</u>							
Produto	180g	290g	2L	Tempo de espera para montar a torre***			
Calda no triturador					180g	290g	2L
Calda no misturador (centro)				1ª			
Calda no misturador (lateral)				2ª			
Envase				3ª			
Produto envasado				4ª			
Produto submetido ao congelamento				5ª			

* Açúcar, água, corante caramelo, extrato de guaraná, ácido cítrico
 ** Açúcar, xantana
 *** 5 caixas empilhadas

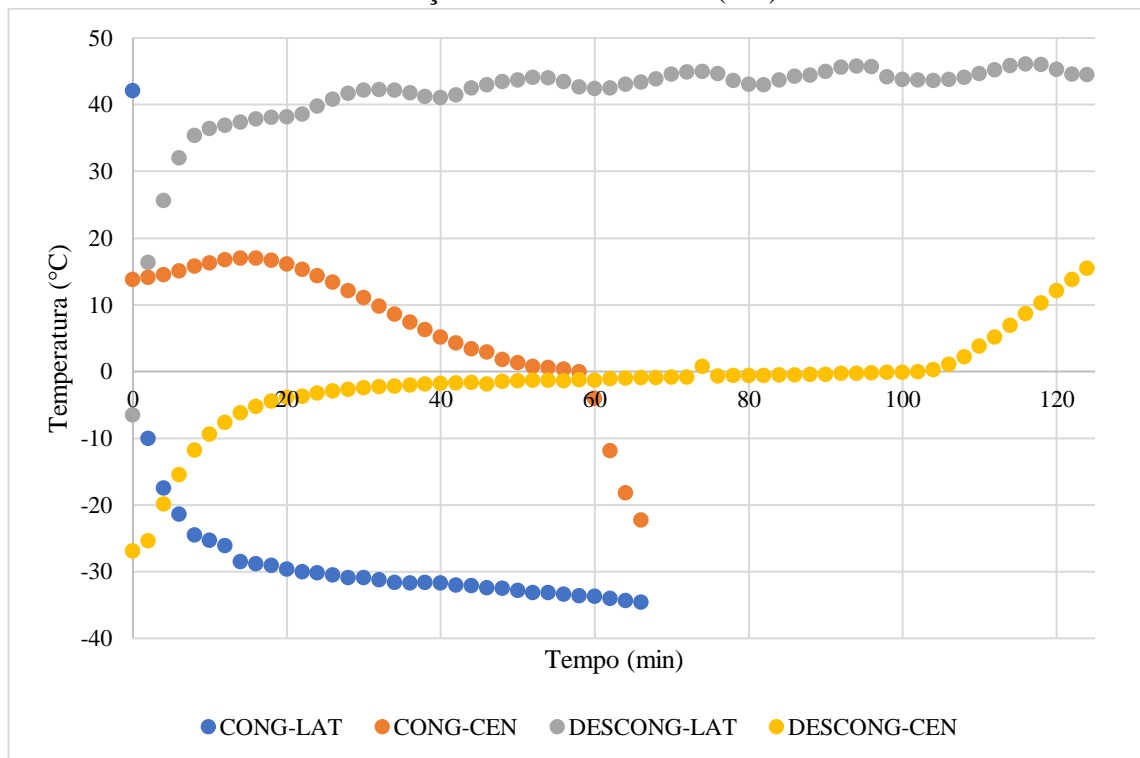
Apêndice C. Cinética de congelamento e descongelamento.

A: Polpa de açaí.



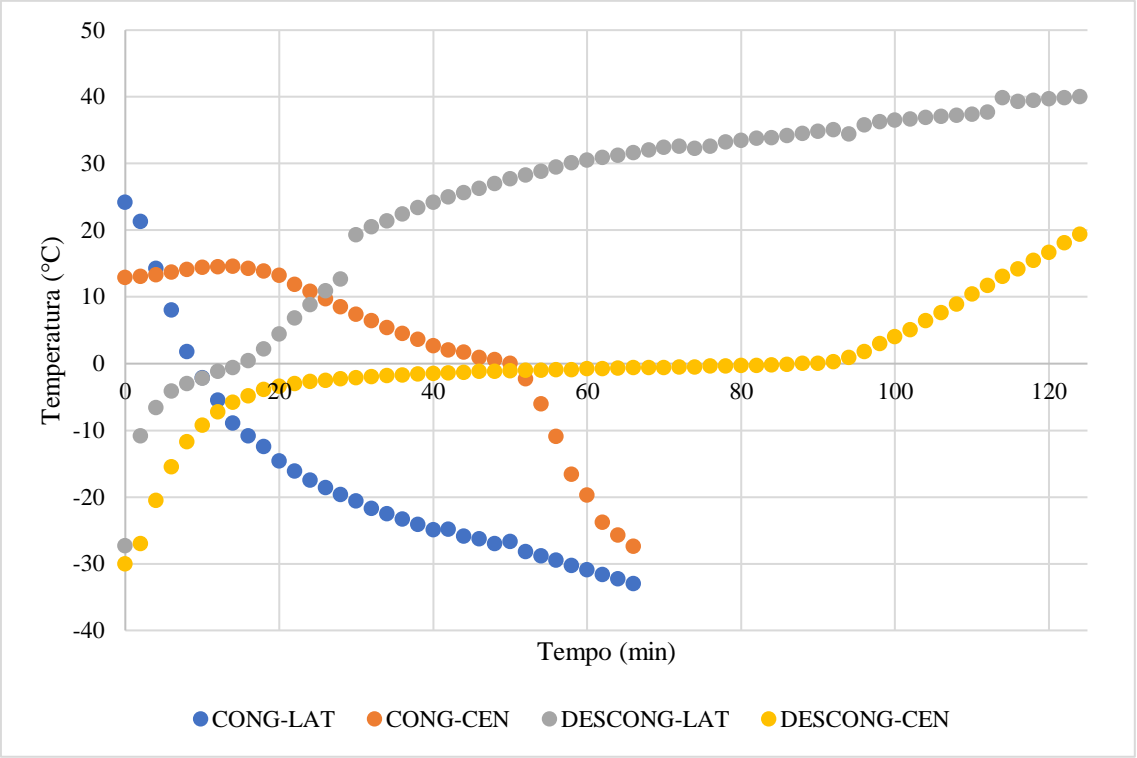
Fonte: Própria autora

B: Açaí com emulsificante (1%).



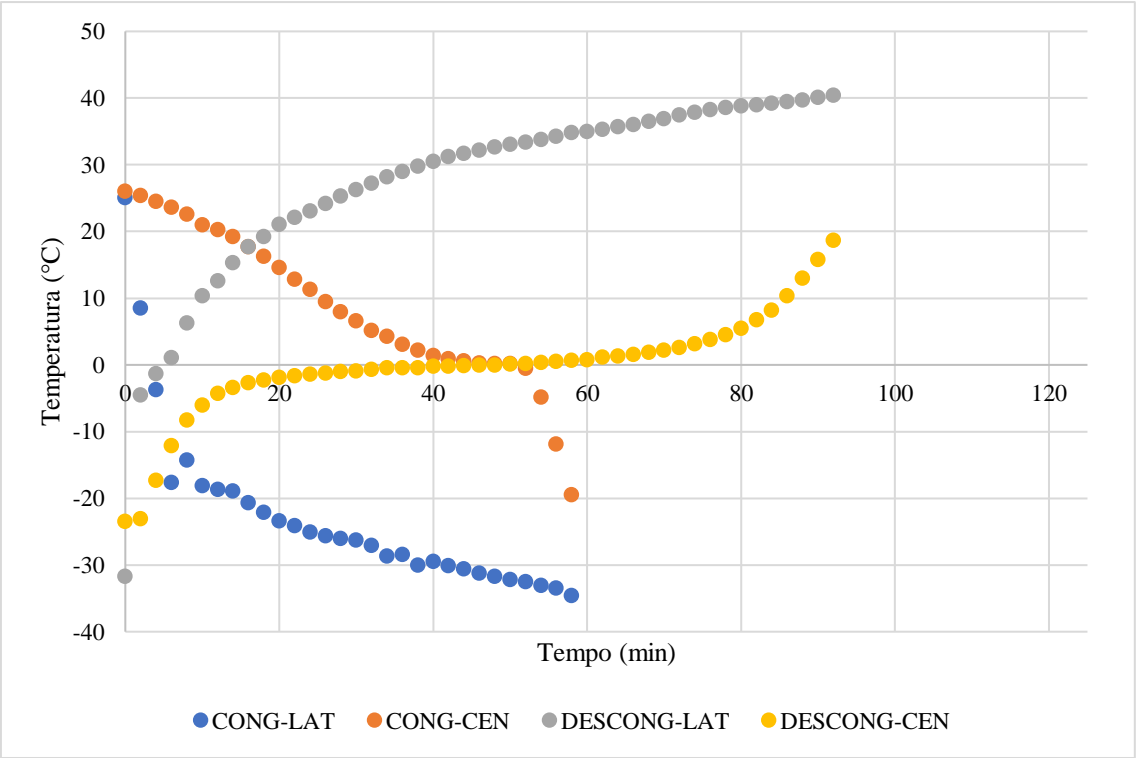
Fonte: Própria autora

C: Açaí com goma xantana (0,15%).



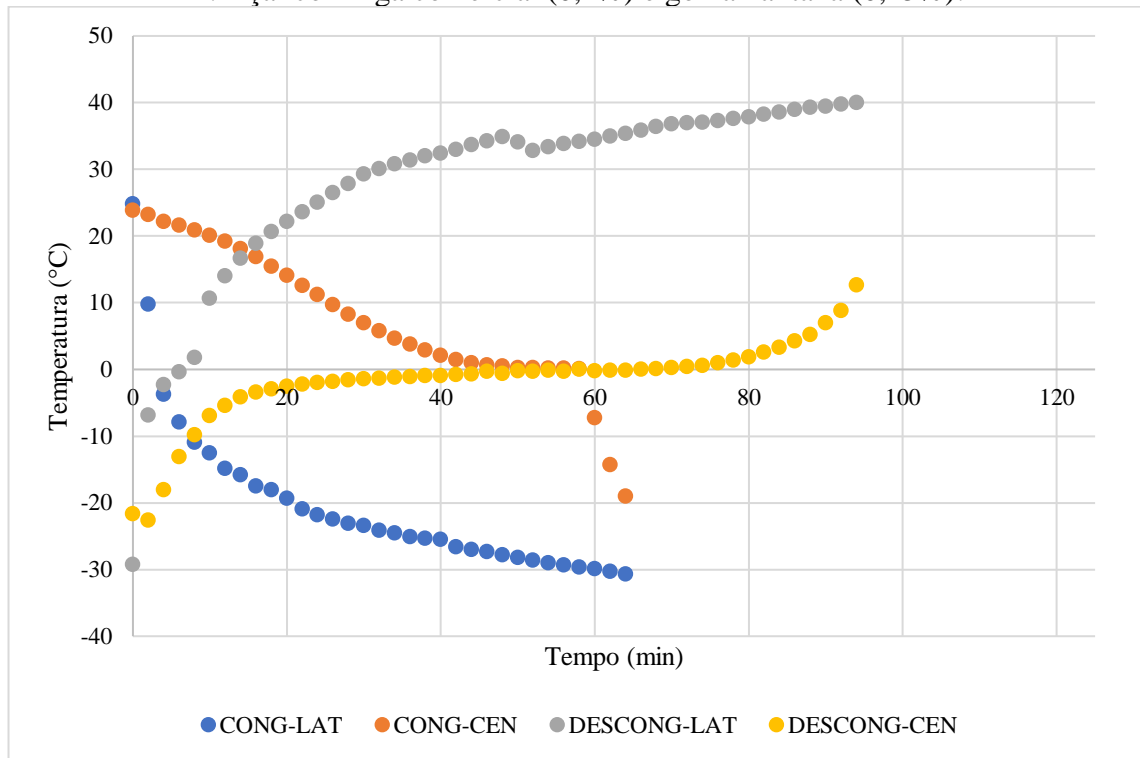
Fonte: Própria autora

D: Açaí com pectina (0,2%)



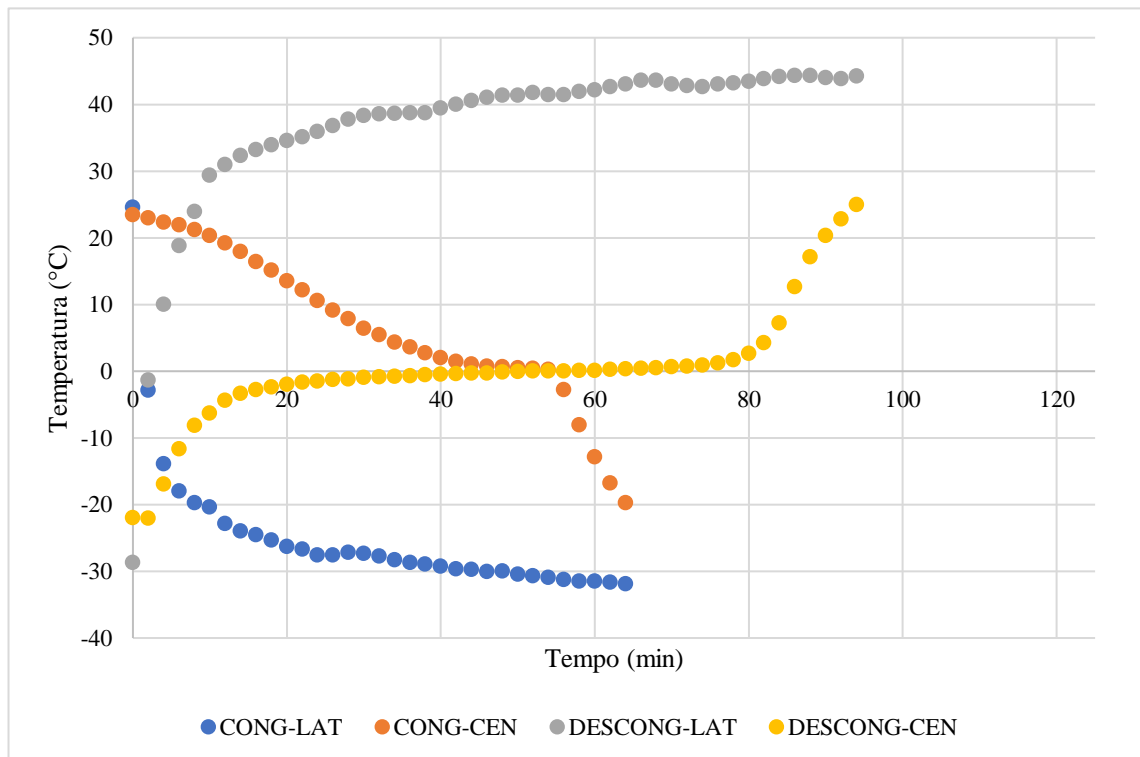
Fonte: Própria autora

E: Açaí com liga comercial (0,2%) e goma xantana (0,15%).



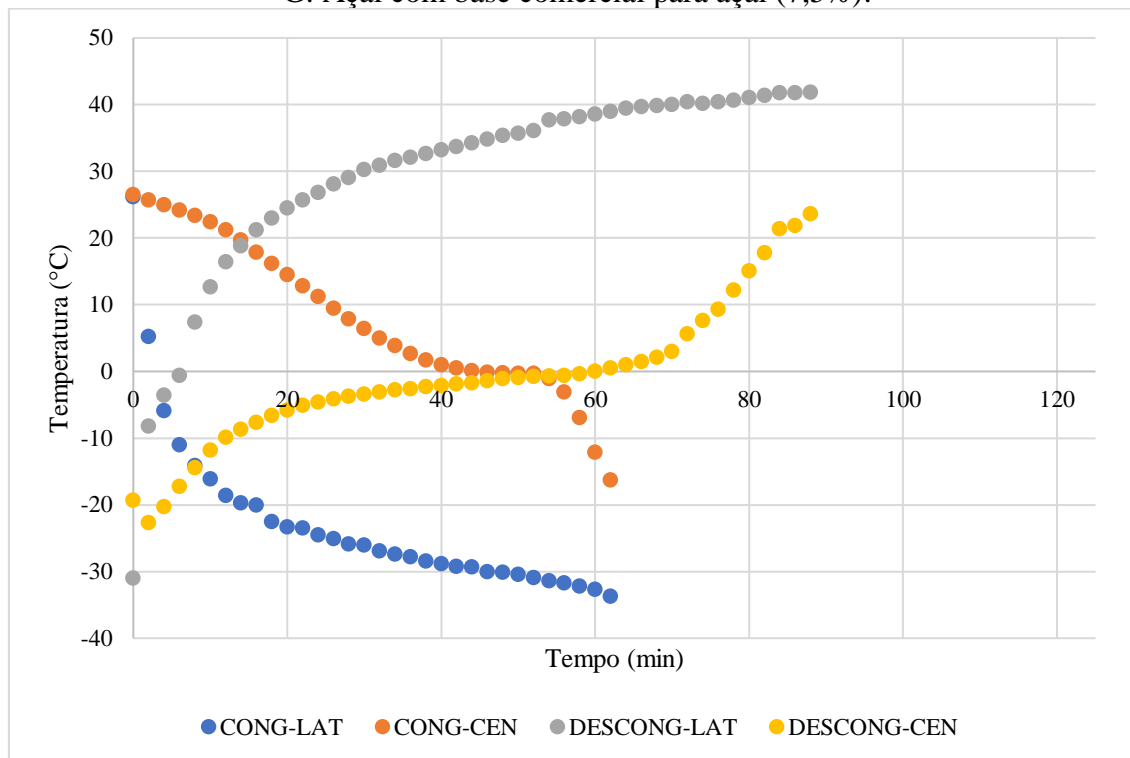
Fonte: Própria autora

F: Açaí com liga comercial (0,2%).



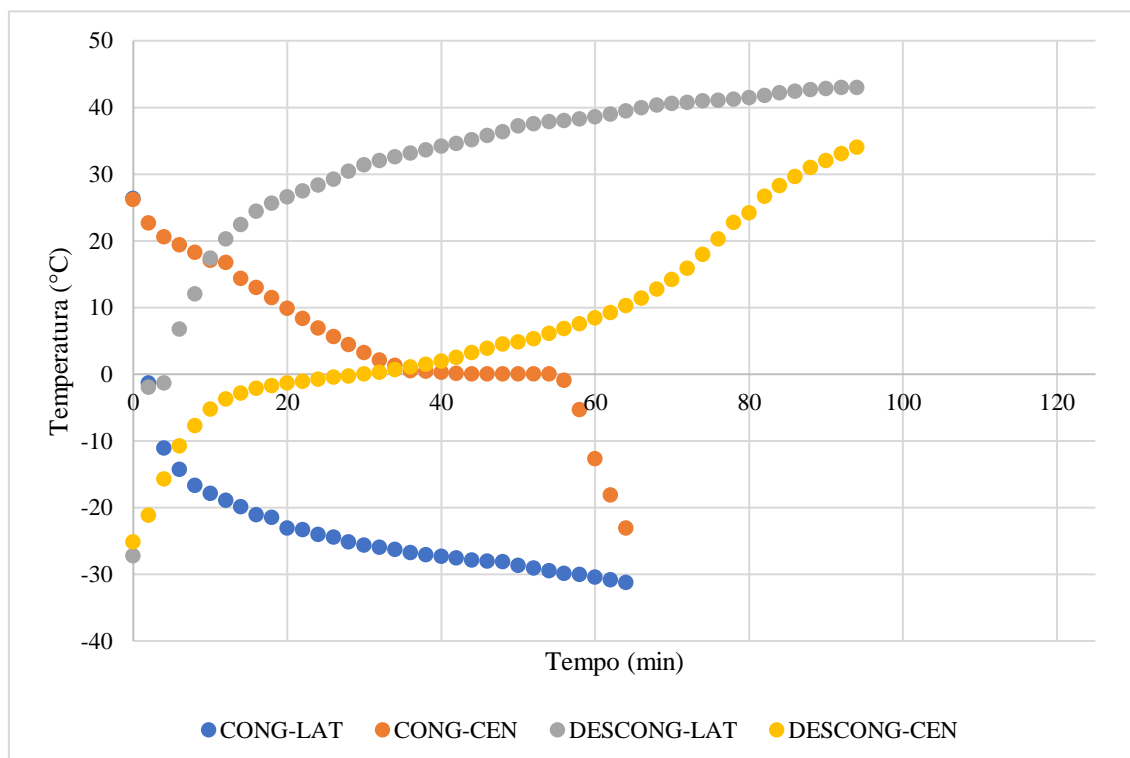
Fonte: Própria autora

G: Açaí com base comercial para açaí (7,5%).



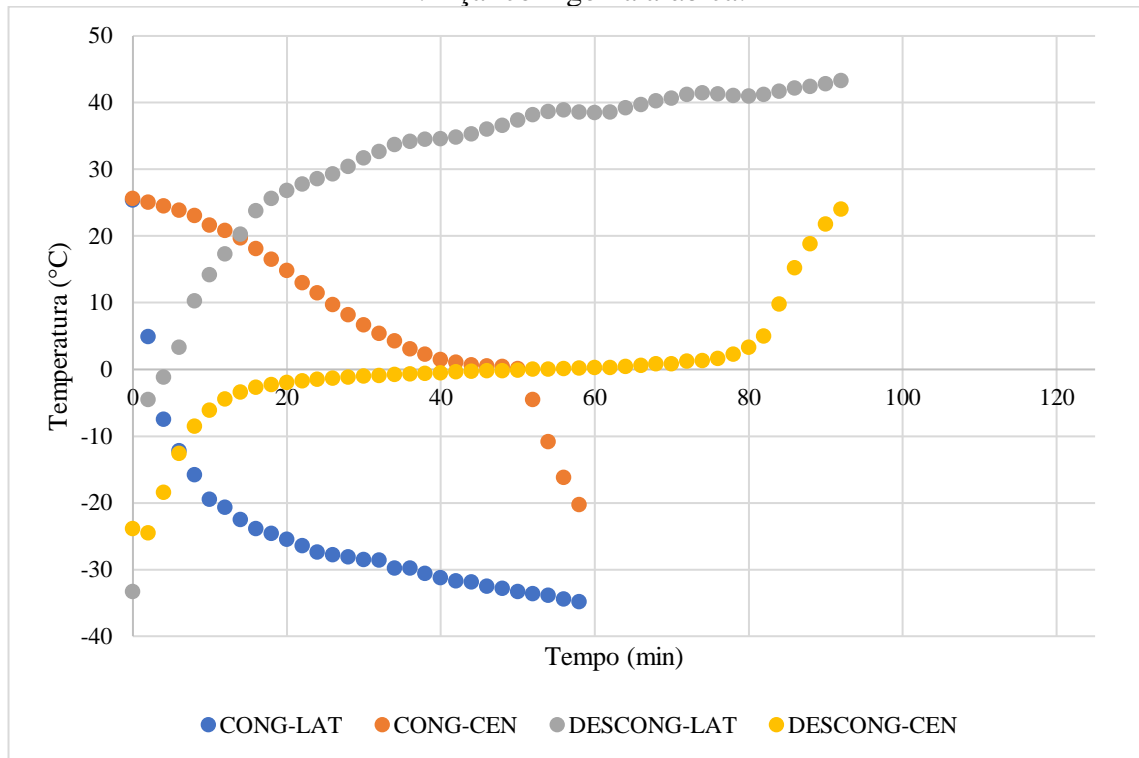
Fonte: Própria autora

H: Açaí com banana (10%).



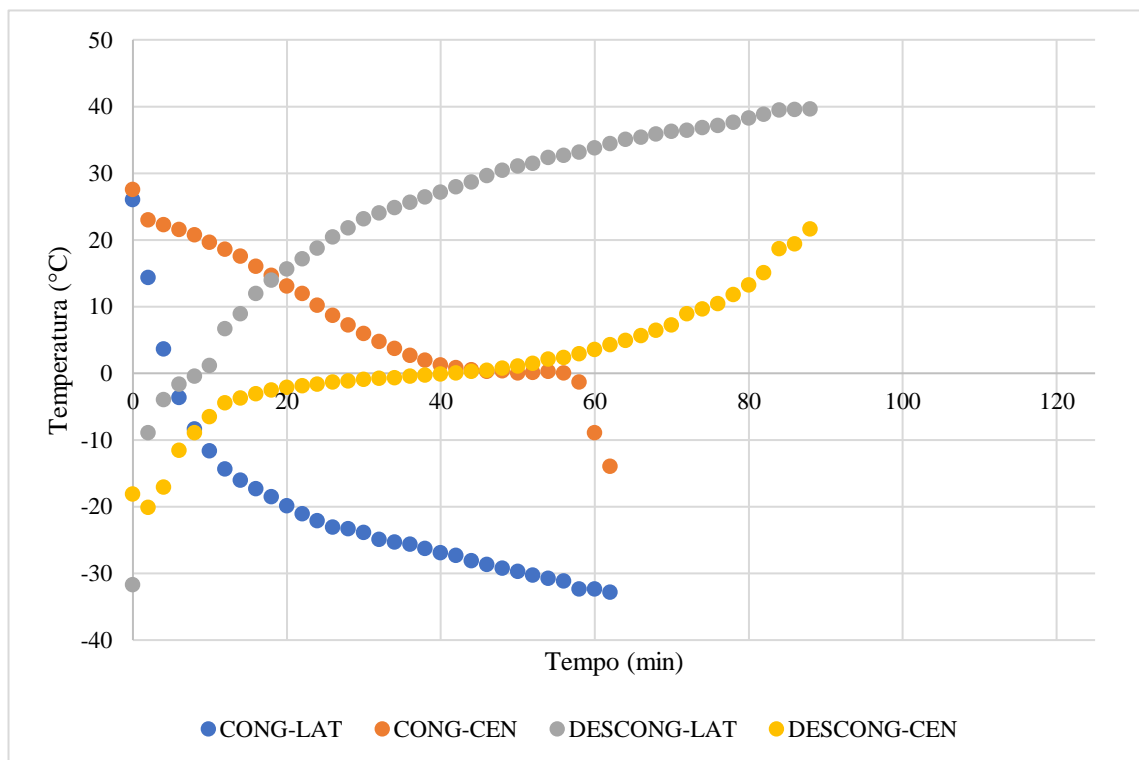
Fonte: Própria autora

I: Açaí com goma arábica.



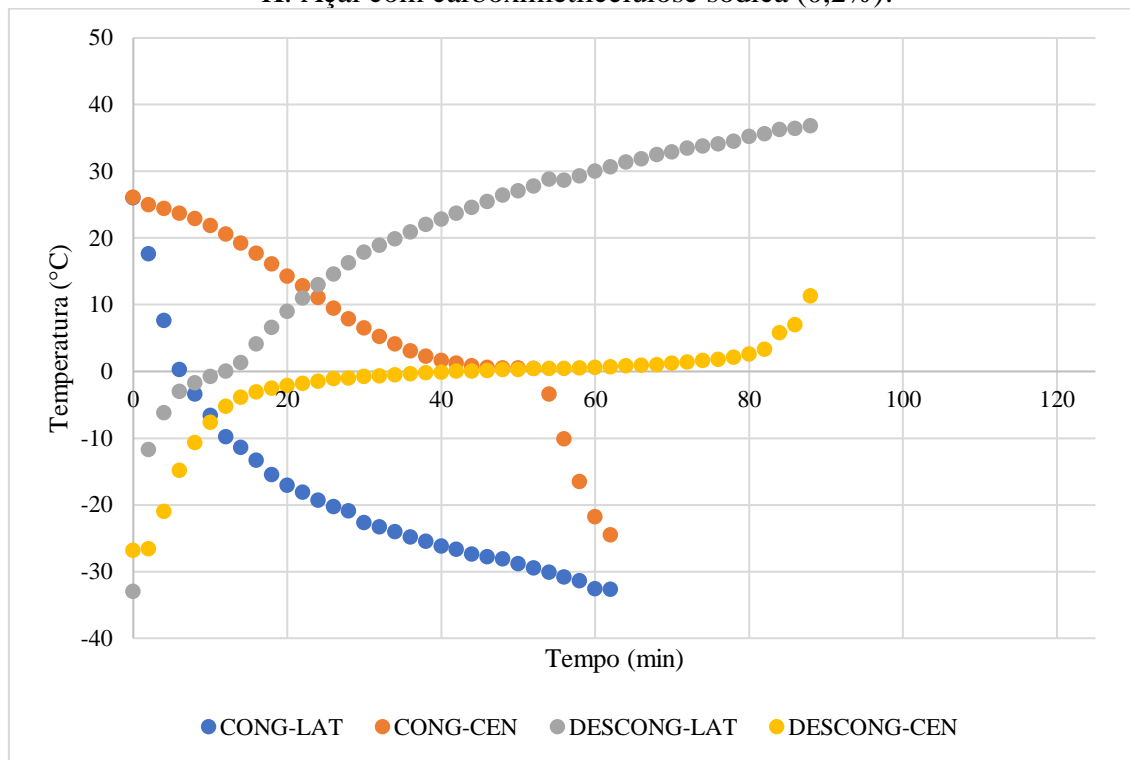
Fonte: Própria autora

J: Açaí com glicose (2%).



Fonte: Própria autora.

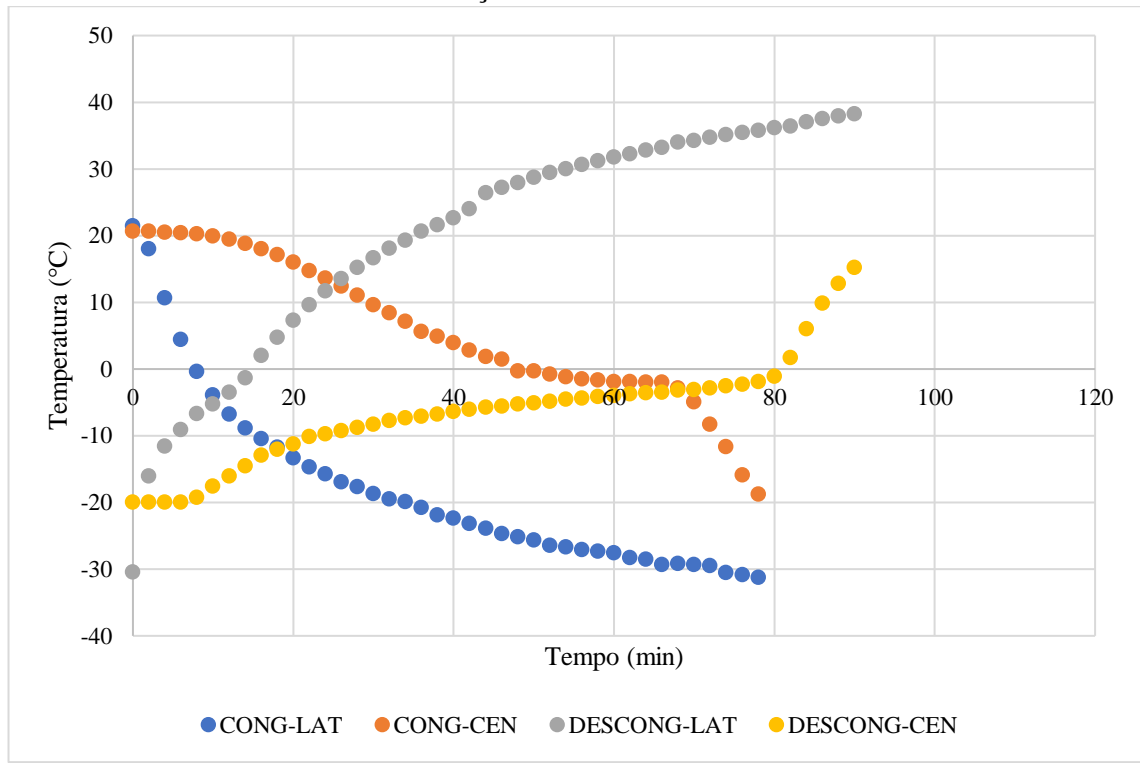
K: Açaí com carboximetilcelulose sódica (0,2%).



Fonte: Própria autora

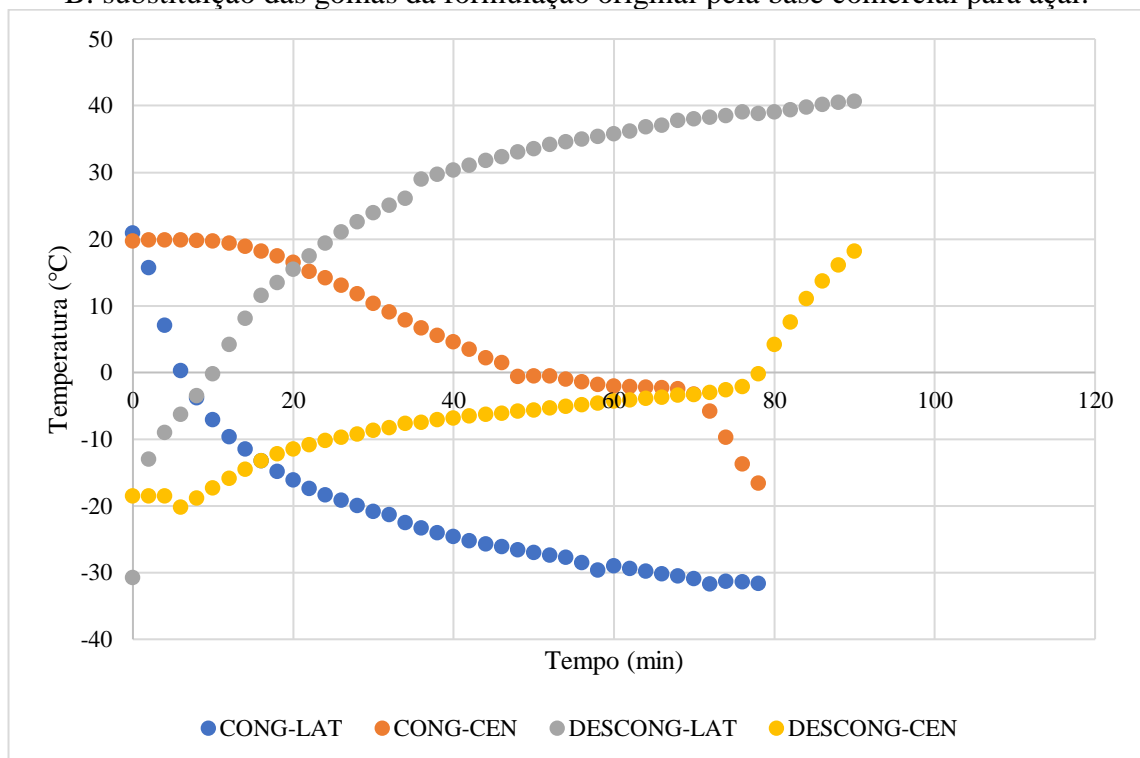
Apêndice D. Cinética de congelamento e descongelamento.

A: formulação idêntica à da indústria.



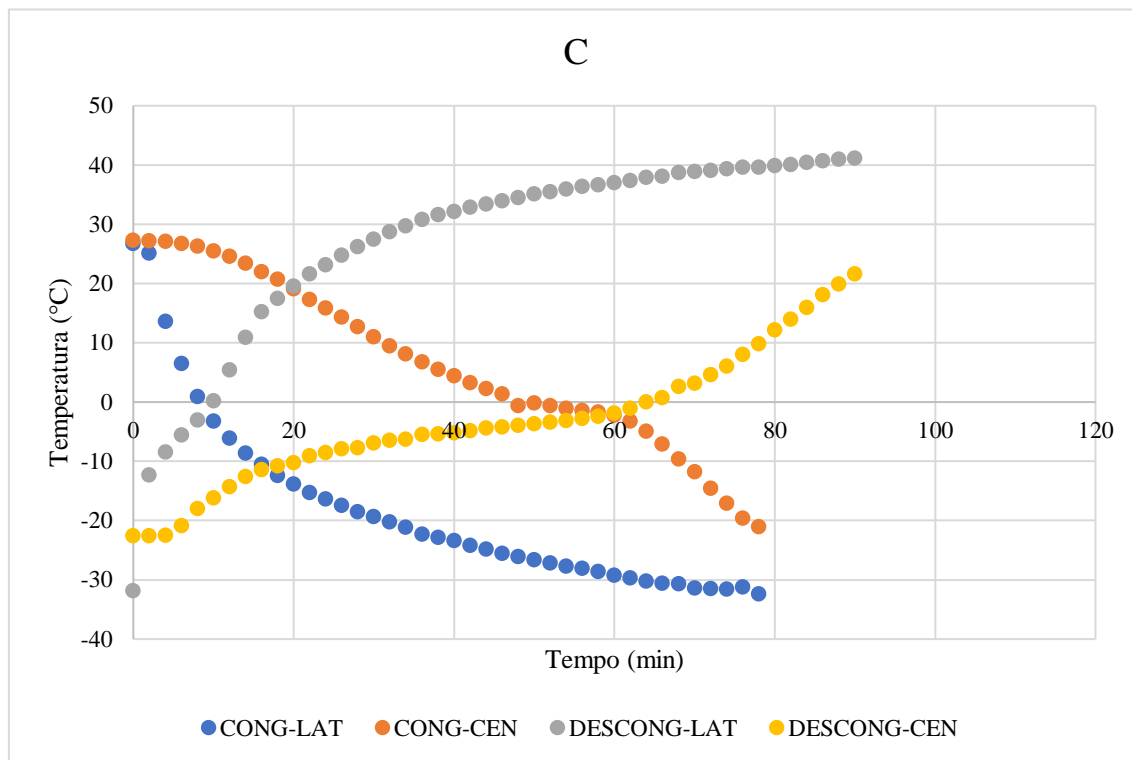
Fonte: Própria autora.

B: substituição das gomas da formulação original pela base comercial para açaí.



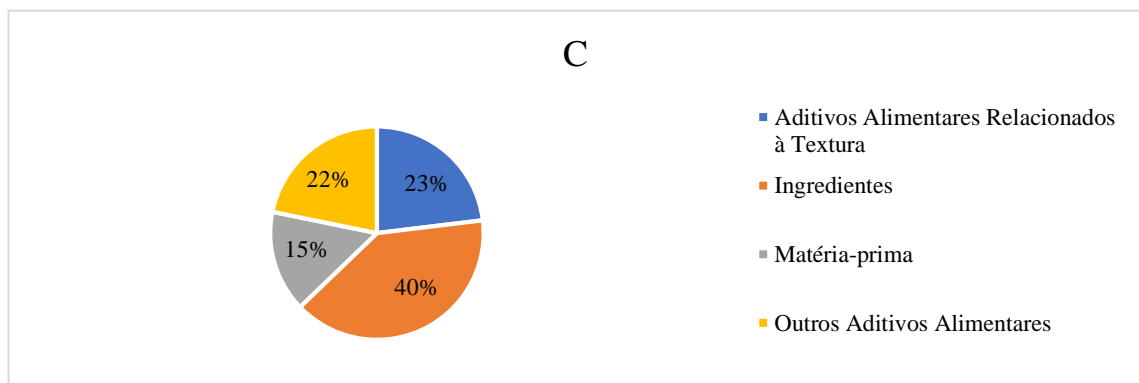
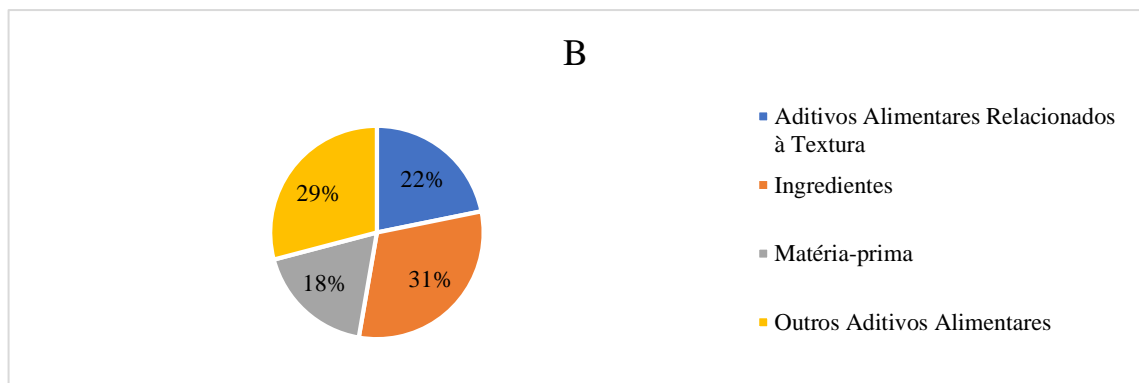
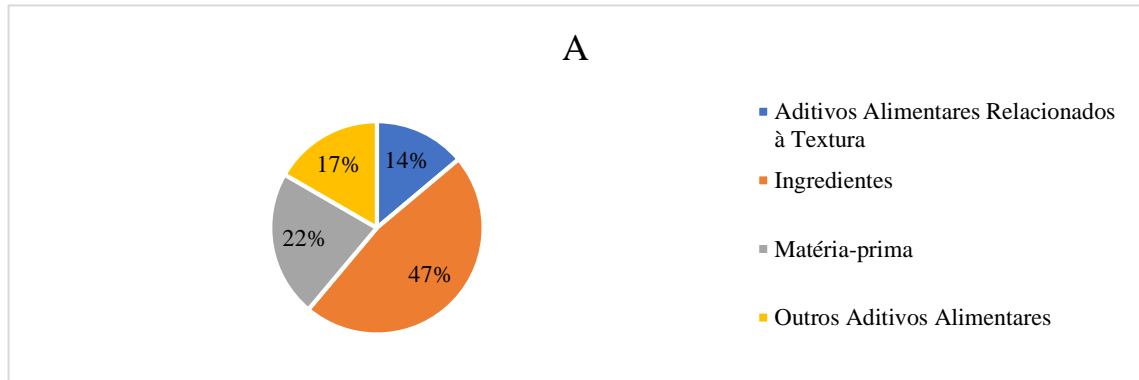
Fonte: Própria autora.

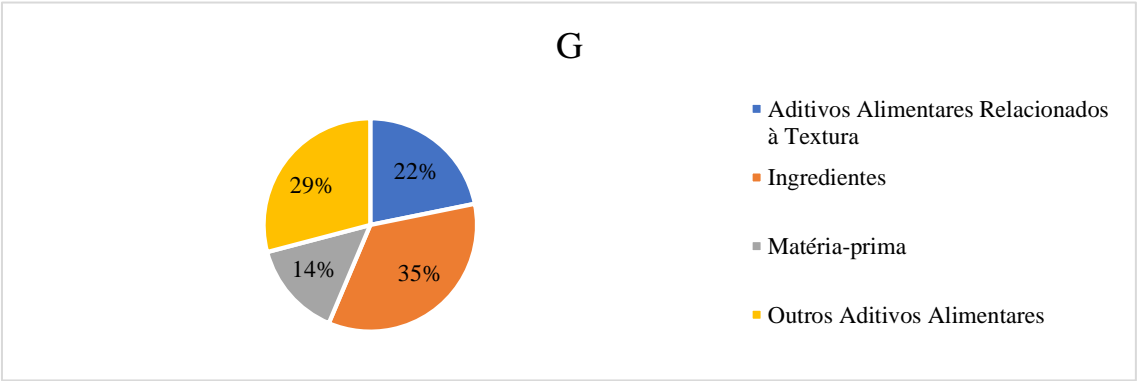
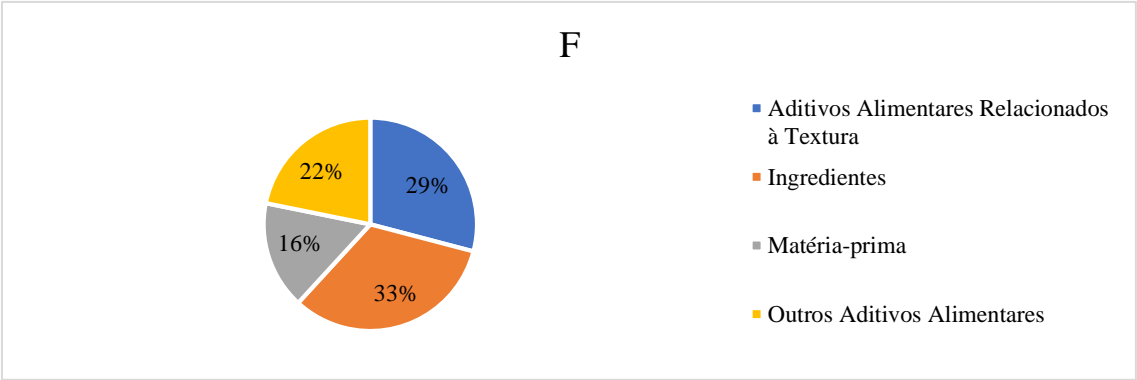
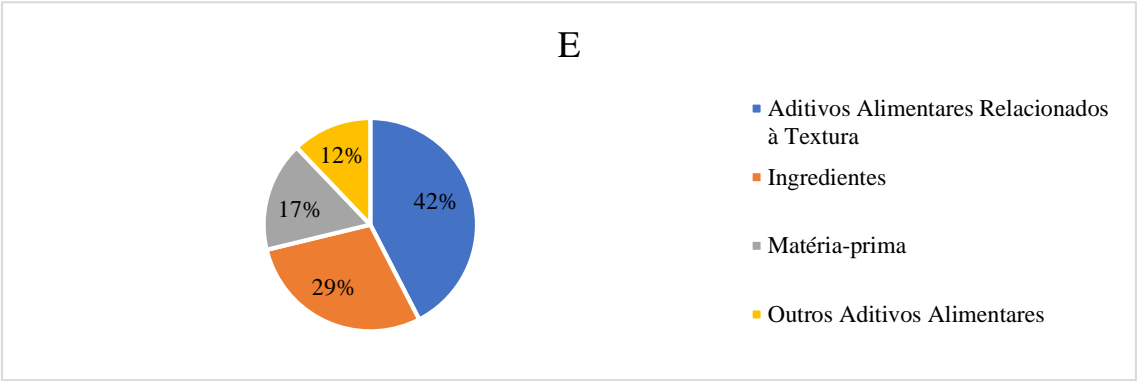
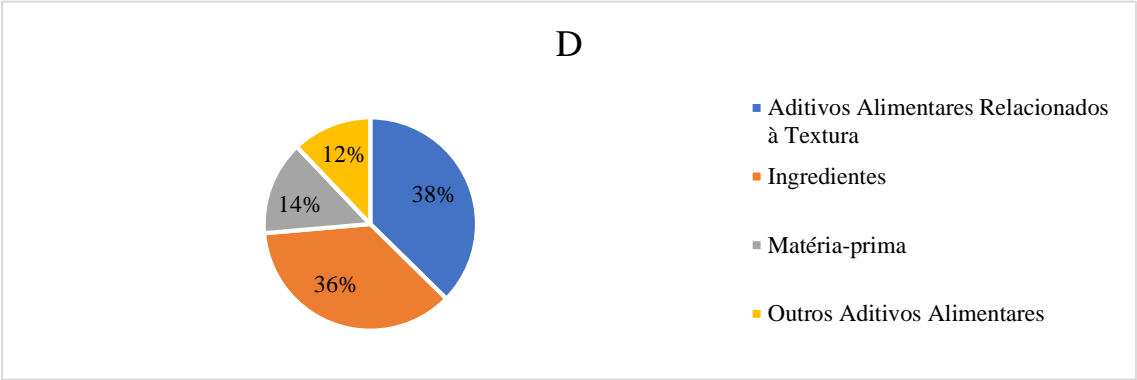
C: substituição das gomas da formulação original por glicose.

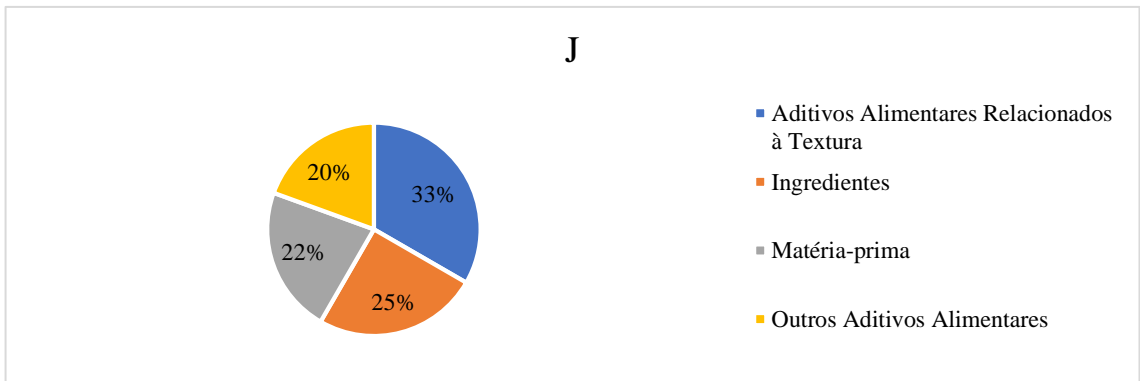
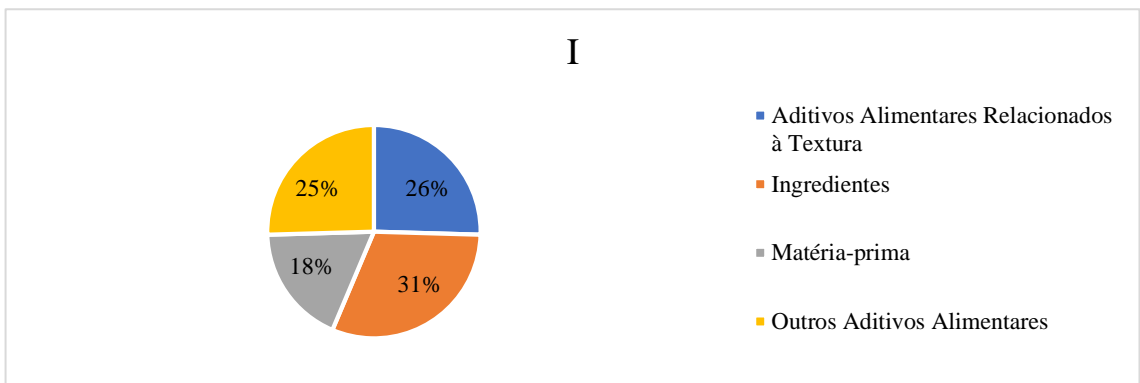
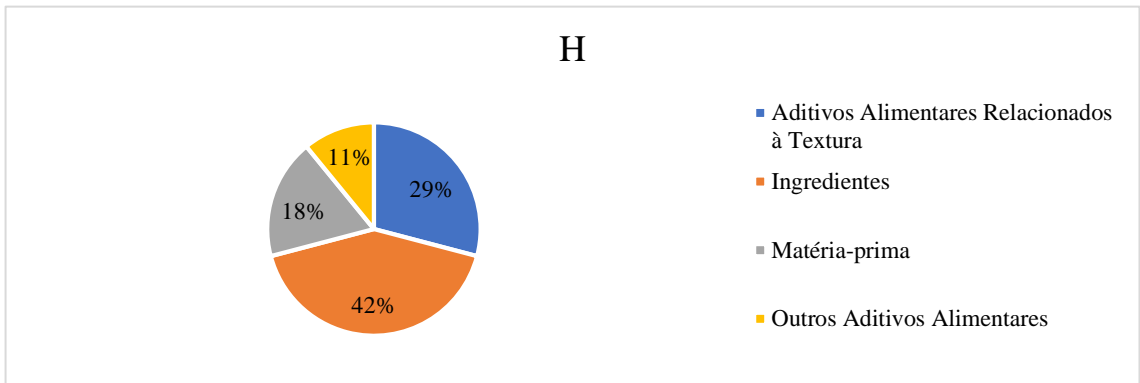


Fonte: Própria autora

Apêndice E. Proporção de ingredientes de acordo com a sua disposição na lista de ingredientes de diversas marcas de *sorbet* de açaí comercializadas na grande João Pessoa







Fonte: Própria autora